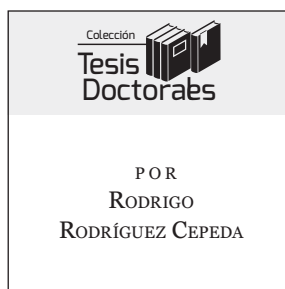


ESTILOS DE APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA:
EL AULA COMO UN SISTEMA CUANTIZABLE

ESTILOS DE APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA:
EL AULA COMO UN SISTEMA CUANTIZABLE



Rodríguez Cepeda, Rodrigo
Estilos de aprendizaje y enseñanza de la química : el aula
Como un sistema cuantizable / Rodrigo Rodríguez Cepeda.
1ª. ed. -- Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2021
276 páginas. Tablas y figuras

Incluye: Referencias bibliográficas
ISBN: 978-958-5138-76-6 (Impreso)
ISBN: 978-958-5138-78-0 (PDF)
ISBN: 978-958-5138-77-3 (ePub)

Química – Enseñanza – Métodos Gráficos. 2. Psicología del
Aprendizaje. 3. Química – Métodos de Enseñanza – Investigaciones.
4. Aprendizaje Activo. 5. Mapas Conceptuales. 6. Educación -
Investigaciones. 7. Química – Técnicas de Enseñanza – Investigaciones.
8. Aptitud de Aprendizaje – Estudiantes Universitarios. I. Tit.

540.7

**ESTILOS DE APRENDIZAJE Y
ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: EL AULA
COMO UN SISTEMA CUANTIZABLE**

Universidad Pedagógica Nacional - UPN
Carrera 16A n.º 79 - 08
editorial.pedagogica.edu.co
Teléfono: (57 1) 347 1190 - (57 1) 594 1894
Bogotá, Colombia

Leonardo Fabio Martínez Pérez
RECTOR

María Isabel González Terreros
VICERRECTORA DE GESTIÓN UNIVERSITARIA

John Harold Córdoba Aldana
VICERRECTOR ACADÉMICO

Fernando Méndez Díaz
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO

Gina Paola Zambrano Ramírez
SECRETARIA GENERAL

Todos los derechos reservados
© Universidad Pedagógica Nacional
© Rodrigo Rodríguez Cepeda

ISBN impreso: 978-958-5138-76-6
ISBN PDF: 978-958-5138-78-0
ISBN ePub: 978-958-5138-77-3
DOI: <https://doi.org/10.17227/td.2021.8780>
Primera edición, 2021

PREPARACIÓN EDITORIAL
Universidad Pedagógica Nacional

Grupo Interno de Trabajo Editorial

Alba Lucía Bernal Cerquera
COORDINACIÓN

Miguel Ángel Pineda Cupa
EDICIÓN

Martha Moreno Igua
CORRECCIÓN DE ESTILO

Juan Camilo Corredor
DISEÑO DE CUBIERTA Y DIAGRAMACIÓN

Johny Adrián Díaz Espitia
FINALIZACIÓN DE ARTES

Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S./Kimpres
Impresión

Bogotá, D. C., 2021

Hecho el depósito legal que ordena la Ley 44 de 1993
y decreto reglamentario 460 de 1995.

Fechas de evaluación: 15-11-2019 / 25-11-2019
Fecha de aprobación: 27-02-2020

Prohibida la reproducción total o parcial sin
permiso escrito de la Universidad Pedagógica Nacional.

*A Dios, el gran padre, y sus seres de luz, quienes siempre nos guían.
A mi esposa Yaneth, amor de mi vida, compañera de viaje y luz en el camino.
A mis padres, Gabriel y Lilia, a mis hermanos y a toda mi familia.
A la familia de mi esposa, a mis estudiantes.
Al profesor Luis Pacheco, mentor y amigo por siempre.
A ustedes apreciados lectores.
¡Somos vida! En este cosmos, de creaciones y formas, isomos creadores y formas!*

Cuando un sistema no viviente aislado se coloca en un ambiente uniforme, todo movimiento llega pronto a una paralización. Después, todo el sistema queda convertido en un montón muerto o inerte de materia.

E. SCHRÖDINGER, *¿Qué es la vida?*

CONTENIDO

Prólogo	25
Introducción	27
Bases teóricas de la incertidumbre educativa	35
Las individualidades humanas en los procesos de aprendizaje	35
El aprendizaje significativo	46
Evaluación del aprendizaje significativo	51
La resolución de problemas y sus implicaciones en el aprendizaje de la química	55
Reflexión final	62
Desarrollo del estudio	65
Metodología	65
Identificación de los estilos de aprendizaje y de los conceptos iniciales	67
Aplicación de la estrategia didáctica	67
Evaluación del proceso	69
Instrumentos de recolección de la información	71
Criterios de análisis	74
La imperfección del modelo de enseñanza	81
De los estilos de aprendizaje	81
Intervención en el aula	98
Análisis del pretest: mapa conceptual inicial	182
Análisis del postest: mapa conceptual final	195

El aprendizaje: un gradiente de conocimiento	241
De las relaciones entre la resolución de problemas, el aprendizaje significativo y los estilos de aprendizaje	242
La influencia de los estilos de aprendizaje	243
La influencia de la estrategia didáctica	243
La proyección cuántica-termodinámica del aprendizaje	247
Anexos	249
1. Pretest y posttest	249
2. Actividades en el aula	251
3. Valoración de los mapas conceptuales	256
4. Tablas estadísticas	262
Referencias	265

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación de estilos de aprendizaje	37
Tabla 1.2. Tipos de percepción y procesamiento de la información según Kolb	39
Tabla 1.3. Características de los estilos de aprendizaje según Honey y Alonso	41
Tabla 2.1. Coeficiente de confiabilidad alfa de Cronbach	72
Tabla 2.2. Criterios de análisis para estilos de aprendizaje	75
Tabla 2.3. Criterios de análisis del aprendizaje significativo	76
Tabla 2.4. Criterios de análisis para la resolución de problemas	80
Tabla 3.1. Baremo para interpretar los resultados del cuestionario CHAEA	82
Tabla 3.2. Resultados de la aplicación del cuestionario CHAEA	83
Tabla 3.3. Perfil estilístico general de los estudiantes multiestilo	89
Tabla 3.4. Consolidado de la moda estadística por estilo de aprendizaje para estudiantes multiestilo	94
Tabla 3.5. Actividades propuestas para abordar el problema general	98
Tabla 3.6. Funciones de las proteínas según la indagación de los estudiantes	100
Tabla 3.7. Códigos o temas relacionados con las proteínas presentes en los informes de laboratorio según el análisis con ATLAS.ti	103
Tabla 3.8. Análisis de resultados reportados por los estudiantes en el informe de laboratorio	105

Tabla 3.9. Análisis de resultados del laboratorio donde se incluye la relación proteínas y alimentos	106
Tabla 3.10. Análisis de resultados donde se incluyen los códigos Aminoácidos esenciales e Importancia estructural	107
Tabla 3.11. Códigos o temas utilizados en el foro virtual sobre proteínas según el análisis con ATLAS.ti	112
Tabla 3.12. Familias de códigos identificados en el foro virtual sobre proteínas	115
Tabla 3.13. Conceptos propuestos para el mapa conceptual sobre proteínas	120
Tabla 3.14. Función de los glúcidos según la indagación realizada por los estudiantes	124
Tabla 3.15. Códigos o temas relacionados con los glúcidos presentes en los informes de laboratorio según el análisis con ATLAS.ti	127
Tabla 3.16. Análisis de resultados reportados por los estudiantes en el informe acerca de los glúcidos	129
Tabla 3.17. Análisis de resultados del informe sobre glúcidos, en el que se incluye el tema Composición en alimentos	130
Tabla 3.18. Temas utilizados en el foro virtual sobre glúcidos según el análisis con ATLAS.ti	138
Tabla 3.19. Familias de temas identificados en el foro virtual sobre glúcidos	141
Tabla 3.20. Conceptos propuestos para el mapa conceptual sobre glúcidos	146
Tabla 3.21. Función de los lípidos según la indagación de los estudiantes	155
Tabla 3.22. Temas relacionados con los lípidos presentes en los informes de laboratorio según el análisis con ATLAS.ti	157
Tabla 3.23. Análisis de resultados reportados por los estudiantes en el informe sobre lípidos	160
Tabla 3.24. Temas utilizados en el foro virtual sobre lípidos según el análisis con ATLAS.ti	164
Tabla 3.25. Familias de temas identificados en el foro virtual sobre lípidos	166
Tabla 3.26. Conceptos propuestos para el mapa conceptual sobre lípidos	172

Tabla 3.27. Matriz evaluativa del mapa conceptual	183
Tabla 3.28. Nota holística del mapa conceptual	183
Tabla 3.29. Categorización valoración (v) a valor asignado (v _A)	184
Tabla 3.30. Tabla de datos valor asignado (v _A) para cálculo de fiabilidad	184
Tabla 3.31. Estadístico de fiabilidad alfa de Cronbach	185
Tabla 3.32. Ejemplos de la valoración dada al mapa conceptual inicial (pretest)	188
Tabla 3.33. Codificación de los estilos de aprendizaje para el análisis correlacional	191
Tabla 3.34. Resumen de los datos analizados	191
Tabla 3.35. Ajuste estadístico de los modelos, coeficiente Chi-cuadrado	192
Tabla 3.36. Correlación no paramétrica estilo de aprendizaje vs. valor evaluativo del mapa conceptual inicial	192
Tabla 3.37. Correlación de Pearson estilo de aprendizaje vs. valor evaluativo del mapa conceptual inicial	193
Tabla 3.38. Coeficiente de Wilcoxon, grado de asociación entre estilos de aprendizaje y conceptos iniciales, según mapa conceptual inicial	194
Tabla 3.39. Ejemplos de valoración del mapa conceptual final (postest)	211
Tabla 3.40. Comparación de la valoración numérica pretest vs. postest de los estudiantes multiestilo	215
Tabla 3.41. Comparación de la valoración numérica pretest vs. postest de los estudiantes reflexivos	217
Tabla 3.42. Comparación de la valoración numérica pretest vs. postest de los estudiantes teóricos	218
Tabla 3.43. Comparación de la valoración numérica pretest vs. postest de los estudiantes pragmáticos	219
Tabla 3.44. Comparación de la valoración numérica pretest vs. postest de los estudiantes activos	219
Tabla 3.45. Correlación bivariada Tau-b de Kendall	221
Tabla 3.46. Correlación bivariada Rho de Spearman	223
Tabla 3.47. Valor asignado a los estilos de aprendizaje	230

Tabla 3.48. Datos sobre estilo de aprendizaje y aprendizaje significativo para el análisis estadístico	231
Tabla 3.49. Correlación bivariada Tau b-de Kendall y Rho de Spearman (Estilos-Aprendizaje significativo)	231
Tabla 3.50. Datos sobre fiabilidad del instrumento y aprendizaje significativo	233
Tabla 3.51. Correlación bivariada: fiabilidad del instrumento y CE	234
Tabla 3.52. Regresión curvilínea lineal	235
Tabla 3.53. Regresión curvilínea cuadrática	236
Tabla 3.54. Regresión curvilínea cúbica	237
Tabla A2.1. Prevalencia de los problemas de exceso de peso en Colombia	251
Tabla A3.1. Valoración del mapa conceptual inicial (pretest)	256
Tabla A3.2. Valoración mapa conceptual final (postest)	259
Tabla A4.1. Coeficientes para τ -b de Kendall	262
Tabla A4.2. Coeficientes para ρ de Spearman	263

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Modelo de aprendizaje según Kolb	38
Figura 1.2. Matriz de cuatro cuadrantes de estilos de aprendizaje de Kolb	39
Figura 2.1. Propuesta metodológica	70
Figura 3.1. Distribución de estudiantes en el estilo activo	84
Figura 3.2. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo activo	85
Figura 3.3. Distribución de estudiantes en el estilo reflexivo	85
Figura 3.4. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo reflexivo	86
Figura 3.5. Distribución de estudiantes en el estilo teórico	86
Figura 3.6. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo teórico	87
Figura 3.7. Distribución de estudiantes en el estilo pragmático	87
Figura 3.8. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo pragmático	88
Figura 3.9. Distribución de respuestas en el estilo activo para estudiantes multiestilo	91
Figura 3.10. Distribución de respuestas en el estilo reflexivo para estudiantes multiestilo	92

Figura 3.11. Distribución de respuestas en el estilo teórico para estudiantes multiestilo	92
Figura 3.12. Distribución de respuestas en el estilo pragmático para estudiantes multiestilo	93
Figura 3.13. Perfil estilístico para los estudiantes multiestilo	94
Figura 3.14. Consolidado de estilos de aprendizaje	97
Figura 3.15. Uso de los códigos en los informes de laboratorio	104
Figura 3.16. Red de códigos derivada del informe de los estudiantes 40, 43 y 68	108
Figura 3.17. Red de códigos derivada del informe de los estudiantes 36 y 39	109
Figura 3.18. Red de códigos derivada del informe de los estudiantes 30 y 38	110
Figura 3.19. Participación en foro virtual sobre proteínas	111
Figura 3.20. Uso de los códigos durante el foro sobre proteínas	114
Figura 3.21. Red de códigos relacionados con la familia Salud	117
Figura 3.22. Red de códigos relacionados entre cultura, sociedad y salud	119
Figura 3.23. Mapa conceptual sobre proteínas de un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo	121
Figura 3.24. Mapa conceptual sobre proteínas de un estudiante con estilo de aprendizaje teórico	122
Figura 3.25. Uso de los temas asociados a los glúcidos en los informes	128
Figura 3.26. Red de temas derivada del informe sobre glúcidos de los estudiantes 5 y 17	132
Figura 3.27. Red de tema derivada del informe sobre glúcidos de los estudiantes 14, 19 y 24	134
Figura 3.28. Red de temas derivada del informe sobre glúcidos de los estudiantes 3, 10, 70	136
Figura 3.29. Participación en foro virtual sobre glúcidos	137
Figura 3.30. Uso de temas durante el foro sobre glúcidos	140
Figura 3.31. Red de relaciones entre temas del foro sobre carbohidratos	142
Figura 3.32. Red de temas asociados con la sociedad	143

Figura 3.33. Red de temas asociados con la salud	144
Figura 3.34. Red de temas asociados con bioquímica	145
Figura 3.35. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje activo	147
Figura 3.36. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático	149
Figura 3.37. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo	150
Figura 3.38. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje teórico	152
Figura 3.39. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje multiestilo	153
Figura 3.40. Uso de los temas asociados a los lípidos en los informes	159
Figura 3.41. Red de temas derivada del informe de laboratorio sobre lípidos de los estudiantes 51 y 55	161
Figura 3.42. Red de temas derivada del informe laboratorio sobre lípidos de los estudiantes 27, 72 y 92	162
Figura 3.43. Foro virtual sobre lípidos	163
Figura 3.44. Uso de temas durante el foro virtual sobre lípidos	166
Figura 3.45. Red de relaciones entre temas del foro sobre lípidos	168
Figura 3.46. Red de temas asociados con los conceptos en bioquímica	169
Figura 3.47. Red de temas asociados a los lípidos y la salud	171
Figura 3.48. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje activo	173
Figura 3.49. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático	174
Figura 3.50. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo	176
Figura 3.51. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje teórico	178

Figura 3.52. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje multiestilo	180
Figura 3.53. Mapa conceptual inicial del estudiante 100 (estilo de aprendizaje multiestilo)	185
Figura 3.54. Mapa conceptual inicial del estudiante 96 (estilo de aprendizaje activo)	187
Figura 3.55. Distribución porcentual de la evaluación del mapa conceptual inicial	189
Figura 3.56. Evaluación general del mapa conceptual inicial: frecuencia, estilo de aprendizaje y valoración	190
Figura 3.57. Mapa conceptual final del estudiante 100 (estilo de aprendizaje multiestilo)	196
Figura 3.58. Mapa conceptual inicial del estudiante 100 (estilo de aprendizaje multiestilo)	198
Figura 3.59. Mapa conceptual final del estudiante 96 (estilo de aprendizaje activo)	199
Figura 3.60. Mapa conceptual inicial del estudiante 96 (estilo de aprendizaje activo)	200
Figura 3.61. Mapa conceptual final del estudiante 27 (estilo de aprendizaje teórico)	202
Figura 3.62. Mapa conceptual inicial del estudiante 27 (estilo de aprendizaje teórico)	203
Figura 3.63. Mapa conceptual final del estudiante 98 (estilo de aprendizaje reflexivo)	205
Figura 3.64. Mapa conceptual inicial del estudiante 98 (estilo de aprendizaje reflexivo)	206
Figura 3.65. Mapa conceptual final del estudiante 90 (estilo de aprendizaje pragmático)	207
Figura 3.66. Mapa conceptual inicial del estudiante 90 (estilo de aprendizaje pragmático)	209

Figura 3.67. Distribución de la evaluación del mapa conceptual, comparación pretest y posttest	212
Figura 3.68. Evaluación general del mapa conceptual pretest-posttest, frecuencia, estilo de aprendizaje, valoración	213
Figura 3.69. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje multiestilo	224
Figura 3.70. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo	225
Figura 3.71. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje teórico	226
Figura 3.72. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje pragmático	227
Figura 3.73. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje activo	228
Figura 3.74. Gráfica de regresión, modelo cúbico	238
Figura A1.1. Mapa conceptual de referencia	250

AGRADECIMIENTOS

Es para mí, como autor de esta obra, muy importante agradecer al Padre Mayor, quien me ha mostrado el camino, me ha acompañado en momentos difíciles y ha disfrutado conmigo los logros y las alegrías.

Igualmente, quiero agradecer a mi amada esposa, quien ha estado siempre a mi lado, caminando por el trasegar de la vida, manifestando siempre su compromiso, pero sobre todo su amor y comprensión.

A la Universidad Pedagógica Nacional, que me ha recibido como su hijo adoptivo, donde he podido ejercer mi profesión, realizar estudios doctorales, y sobre todo me ha permitido conocer gente maravillosa como mis compañeros de trabajo y mis estudiantes con potencialidades maravillosas.

Al profesor Pedro Nel Zapata, por su apoyo durante la realización de esta investigación.

PRÓLOGO

La presente obra fue escrita por el profesor Rodrigo Rodríguez Cepeda, químico, doctor en Educación y docente universitario, quien a partir de su experiencia profesional y laboral aporta con su investigación a la construcción de conceptos químicos, desde la resolución de problemas, relacionados con los alimentos y la salud, en un contexto universitario.

En la investigación se empleó el modelo de aprendizaje planteado por Honey y Mumford (1986), así como las características de los estilos de aprendizaje de Honey y Alonso (1992); desde allí se analizó la influencia del estilo de aprendizaje, así como el aprendizaje significativo que alcanza un grupo de estudiantes de últimos semestres del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, matriculados en el ciclo de profundización.

El aporte de esta investigación parte por reconocer que los estudiantes de la población estudiada no solo poseen diferencias individuales en los estilos de aprendizaje, sino que además presentan características de varios estilos; es decir, poseen *aspectos mixtos de los diferentes estilos de aprendizaje* de los propuestos por de Honey y Mumford (1986), sin que uno sea más predominante que otro. Por esto, en los resultados se propone la categoría de “aprendizaje multiestilo” y es desde allí que se identifica la influencia en el aprendizaje significativo de los conceptos cuando se emplea el modelo de resolución de problemas.

En cuanto a las actividades de resolución de problemas, estas giraron en torno a los conceptos asociados a las proteínas, glúcidos y lípidos y su relación con los desórdenes alimentarios, como por ejemplo el sobrepeso. El aprendizaje significativo logrado por los estudiantes se verifica en los análisis de los mapas conceptuales pretest y postest elaborados por los estudiantes, en los informes de actividades en el aula y en la participación en foros. Los resultados de la investigación muestran

que los trabajos de laboratorio juegan un papel importante al favorecer el aprendizaje significativo de los conceptos y permiten que los estudiantes exhiban su estilo de aprendizaje cuando abordan cada una de las situaciones. En cuanto a los foros virtuales de discusión, se convirtieron en escenarios para debatir y llegar a consensos, pues tanto el profesor como los estudiantes tuvieron la oportunidad de exponer sus ideas, opiniones y con ello analizar los aportes de los demás asistentes. Nuevamente se reconocen las diferencias individuales que tienen los estudiantes cuando aprenden.

Es aquí donde el lector, maestro en formación, profesor o investigador, vinculado o no al sector educativo, puede encontrar que existen múltiples variables que determinan la forma en que las personas aprenden conceptos, por lo cual los estilos de aprendizaje son un campo que debe seguir siendo estudiado.

Finalmente, la obra es un aporte a la enseñanza y el aprendizaje de la química, toda vez que aplica una serie de actividades enmarcadas en el modelo de resolución de problemas, identifica la influencia del estilo de aprendizaje y reconoce el logro en el aprendizaje significativo de conceptos asociados al campo de la bioquímica y su aplicación.

La invitación es a leer la obra, a compartir y debatir los aportes, a revisar lo riguroso del estudio y a reconocer que la educación en ciencias, particularmente en química, es un campo de investigación que día a día se renueva, que requiere creatividad y calidad.

Yolanda Ladino Ospina

Profesora, Universidad Pedagógica Nacional

INTRODUCCIÓN

Algunos de los estudios actuales en didáctica de las ciencias muestran la preocupación de los investigadores por cambiar los modelos tradicionales centrados en el aprendizaje memorístico y la transmisión-recepción de la información; sin embargo, los modelos propuestos aún no han sido eficaces, ya que algunos estudiantes no logran los objetivos esperados en su proceso de aprendizaje, en el que la desmotivación y las actitudes negativas, especialmente hacia las ciencias, son los aspectos colaterales del proceso fallido. Por otra parte, aun cuando los profesores aceptan las diferencias individuales de los estudiantes en aspectos tales como la personalidad, los gustos, los intereses, las motivaciones, las estrategias y los ritmos de aprendizaje, lo cierto es que en los procesos educativos poco se tienen en cuenta estas diferencias a la hora de planear y llevar a cabo diversas estrategias de enseñanza en el aula.

En este contexto, la presente investigación examina la posible influencia que tiene el estilo de aprendizaje sobre el aprendizaje significativo que alcanzan los estudiantes cuando trabajan con un modelo de resolución de problemas. Al respecto, la revisión bibliográfica muestra que los estudios sobre estilos de aprendizaje se han desarrollado al margen de las experiencias de enseñanza y aprendizaje en el aula, y que en su mayoría han sido enfocados en el diagnóstico de las diferencias en los ritmos y las estrategias de aprendizaje. La revisión también señala que son deficientes los estudios sistemáticos dirigidos a identificar su real influencia en los niveles de aprendizaje logrados por los estudiantes, cuando se enfrentan a estrategias didácticas suficientemente controladas.

¿Es adecuada la resolución de problemas como estrategia didáctica para el aprendizaje de las ciencias en todos los estudiantes? ¿Alcanzan los estudiantes

los mismos niveles de aprendizaje cuando trabajan en un modelo de resolución de problemas? ¿Puede el estilo de aprendizaje de cada estudiante explicar su desempeño en un modelo de resolución de problemas? Sin duda alguna, estas preguntas pretenden abrir una discusión en torno a la creencia generalizada de que las estrategias didácticas pueden servir de igual manera a todos los estudiantes sin tener en cuenta las diferencias individuales, máxime cuando los profesores de ciencias han descuidado los aportes de la psicología diferencial al campo de la enseñanza de las ciencias.

De esta manera, el estudio realizado pretende integrar tres campos importantes de conocimiento, a saber: en primer lugar, los avances en el campo de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de las ciencias, la cual tuvo mucho auge en la década de los años ochenta y parte de la década de los noventa del siglo xx, y posteriormente cedió terreno debido quizás a la influencia de otros modelos, pero las perspectivas de enseñanza centradas en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (tic) como un nuevo paradigma en la educación han impulsado de nuevo el interés investigativo en este modelo. En segundo lugar, el campo de la psicología del aprendizaje, la cual, aunque también se ha orientado hacia los estudios sobre el aprendizaje en ambientes computacionales, sigue siendo importante para cualquier investigador que se preocupe por los efectos de las estrategias de enseñanza en el aula, pues, sin duda alguna, los niveles de aprendizaje que alcanzan los estudiantes en el aula siguen siendo un tema de importancia y discusión, máxime cuando la calidad educativa, evaluada a través de pruebas estandarizadas como PISA, resalta la importancia de aprendizajes significativos y duraderos. En tercer lugar, el campo de las diferencias individuales, que en esta investigación se circunscribe a los estudios sobre los estilos de aprendizaje, como factor importante en la explicación de los niveles de aprendizaje logrados por los estudiantes en las aulas, para lo cual, el estudio se soporta en la propuesta de estilos de aprendizaje de Honey y Mumford (1986), teniendo en cuenta que esta ha sido utilizada con poblaciones culturalmente similares a la colombiana.

Vale la pena resaltar que los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación universitaria son complejos, ya que por su naturaleza multicultural, multiétnica, integradora, interdisciplinaria, de pensamiento pluralista y que promueve la autonomía personal, es posible encontrar diferentes variables que los afecta; entre otras, se pueden mencionar las características propias de los estudiantes (como personalidad, intereses, actitudes, estilos y estrategias de aprendizaje, entorno) y las particularidades de los profesores (por ejemplo, personalidad, intereses, actitudes, competencias profesionales y estilos de enseñanza). La influencia de las variables antes mencionadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje son la fuente de diversas investigaciones enfocadas en definir el éxito o el fracaso en el proceso de aprendizaje. Investigadores como Davis y Schroeder (1982), Myers (1980) y

Cross (1987), citados por González (2001), argumentan que los conflictos y los posibles factores de riesgo para el fracaso aumentan debido a los rasgos de cada estudiante como ser único.

Estos hechos abren la puerta para investigar diversas propuestas didácticas estructuradas bajo principios epistemológicos claros y coherentes, que sean la base para determinar el impacto de algunos de los factores intervinientes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en aquellos estudiantes con un bajo desempeño académico, a pesar de los esfuerzos durante la intervención en el aula.

Las anteriores reflexiones permiten suponer que el aprendizaje significativo de conceptos químicos está influenciado por los estilos de aprendizaje y los contextos metodológicos didácticos. El origen de esta hipótesis radica en la dificultad de identificar investigaciones que indaguen sobre la relación entre estas tres variables; sin embargo, se encuentran estudios sobre las diferencias individuales en el aprendizaje que comenzaron en la década de los setenta, pero es en la siguiente década cuando este tema despierta gran interés entre los investigadores. Por ejemplo, López señala que “la cuestión de las diferencias individuales se ha ido definiendo como un factor a considerar en las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje científicos” (1989, p. 235) y, refiriéndose a los estudios sobre los estilos cognitivos, menciona que “a pesar de la consolidación de la dependencia-independencia de campo como constructo psicológico, con frecuencia es ignorada en investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje científicos en las que, por su propia naturaleza, debería ser tomada en consideración” (López, 1989, p. 236). Por su parte, Palacios y Carretero afirman que

[...] es necesario que las diferencias individuales en la cognición sean conocidas en los ambientes profesionales de la psicología y la educación —que no lo son en absoluto o lo son solo suficientemente— y, sobre todo, que se desarrolle entre nosotros la investigación empírica en torno a los problemas asociados con dichas diferencias, que es la forma más efectiva de hacerles frente, aunque no sea la más directa. (1982, p. 103)

En consecuencia, los estilos de aprendizaje, al igual que los estilos cognitivos, son un factor importante a tener en cuenta en los estudios sobre los procesos de aprendizaje en el aula. Quizás, cierta aversión hacia la psicología del aprendizaje por parte del profesorado no ha hecho más que descuidar el aporte de este campo del conocimiento a los estudios en didáctica de las ciencias. El presente trabajo pretende convertirse en un aporte en el sentido señalado por Palacios y Carretero (1982), al ofrecer evidencias en torno al papel que cumplen los estilos de aprendizaje en la explicación de los niveles de aprendizaje logrados por los estudiantes del área de química.

Aunque existen diversas discusiones acerca de la naturaleza de los estilos cognitivos, los estilos de aprendizaje y sus posibles relaciones (Zapata, 2010), en esta investigación se ha asumido el concepto de estilo de aprendizaje, por considerarlo más pertinente para explicar el tipo de objetivos y de procesos cognitivos que se ponen en ejecución durante la actividad educativa. Existen diversos trabajos de investigación que plantean posiciones y propuestas de diferentes vías para categorizar y clasificar este concepto, lo cual dificulta la elección de instrumento. Sin embargo, teniendo en cuenta el interés por aplicar un instrumento previamente validado y fiable para un entorno universitario, se adoptó el modelo propuesto por Honey y Mumford (1986) y el instrumento desarrollado por Alonso (1992) para identificar los estilos de aprendizaje, que cumple con las condiciones de validez y fiabilidad que le han permitido ser empleado en varias investigaciones.

Por su parte, la resolución de problemas ha sido utilizada como estrategia constructivista para el aprendizaje significativo de conceptos, por lo que en esta investigación se asume como una buena estrategia para el aprendizaje de conceptos químicos, toda vez que la química está fuertemente asociada a las problemáticas del mundo que nos rodea y cuenta con un alto nivel de desarrollo práctico. En otros estudios se han reconocido algunas dificultades que tienen los estudiantes al intentar relacionar las teorías científicas con el entorno extraescolar, ámbito en el que la resolución de problemas se acepta como una estrategia apropiada para integrar actividades relacionadas con los individuos, el currículo, la evaluación escolar y el entorno. Varela y Martínez han señalado que: “La resolución de problemas es reconocida como una actividad esencial, encontrándose integrada en todos los currículos académicos y considerándose, además, instrumento indispensable para la evaluación de los resultados obtenidos por los estudiantes” (1997, p. 33).

Algunos investigadores enfocados en la enseñanza de las ciencias consideran que la resolución de problemas tiene la ventaja de contar con un conocimiento bien estructurado, incluyendo teorías y principios, sin mencionar procedimientos organizados para solucionar problemas, especialmente relacionados con el mundo real (Eylon y Linn, 1988), lo cual justifica su uso como vía para el aprendizaje significativo de conceptos químicos. En este sentido, y aceptando que el ambiente universitario enfoca parte de su actividad en el aprendizaje de conceptos, la teoría del aprendizaje significativo toma gran importancia y ha demostrado su aplicabilidad y beneficios. Sin embargo, ha recibido distintas críticas (Pozo, 1989), y se han sugerido diversas alternativas y nuevos aportes al modelo (Rodríguez, 2004). Por ejemplo, Rodríguez señala que “supuestamente, al amparo de la teoría del aprendizaje significativo, se han planificado muchas programaciones escolares y programas curriculares y en el fondo no sabemos muy bien cuáles son sus aspectos más destacados” (2004, p. 536).

Desde esta perspectiva, se considera que la propia evolución de la teoría del aprendizaje significativo, gracias a los trabajos de Novak (1988) y Moreira (2000), entre otros, permite comprender la naturaleza de los procesos del aprendizaje de las ciencias en el contexto educativo. Las anteriores reflexiones han permitido ampliar las posibilidades para que los investigadores enfoquen sus trabajos en diversas propuestas didácticas estructuradas bajo principios epistemológicos claros, coherentes y rigurosos, ayudando así determinar el impacto de algunos factores que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A la luz de las exigencias de la sociedad actual, es necesario que los profesionales estén en capacidad de relacionar la teoría y la práctica, contar con pensamiento práctico y resolver problemas en la era de la información y la incertidumbre, lo cual exige una gran capacidad de adaptarse al cambio (Pérez, 2010). En este sentido, el aprendizaje significativo de conceptos puede contribuir en el cumplimiento de estas nuevas exigencias, al permitir la aplicación efectiva del conocimiento adquirido en la formación universitaria. En consecuencia, la presente investigación se enfoca en la construcción de conceptos químicos y la influencia de los estilos de aprendizaje más representativos en un grupo de estudiantes del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá, Colombia), registrados en el ciclo de profundización. Se utiliza para ello la estrategia de la resolución de problemas en el aprendizaje de temas relacionados con los alimentos y la salud.

El problema de investigación se genera al observar diversas variables que probablemente influyen en los procesos de aprendizaje. Un ejemplo palpable de ello es que la sociedad actual se caracteriza por su complejidad y diversidad, donde las denominadas TIC hacen que las personas tengan la posibilidad de estar en contacto con el mundo de manera rápida, influyendo en los grandes cambios culturales, educativos y comunicativos. Respecto al contexto que nos interesa, Halper (1994), citado en Cruz (2001), menciona que “más que en ningún otro segmento de la sociedad, es en los recintos universitarios donde los cambios son más notables” (p. 3), razón por la cual es necesario que los futuros profesionales en educación se preparen para un mundo cambiante, donde el desarrollo de destrezas, actitudes y habilidades se convierten en objetivos importantes para enfrentar dichos cambios en un mundo cada vez más competitivo y dinámico.

Considerando lo anterior, y reconociendo las dificultades de todo proceso educativo en la relación profesor-estudiante, derivadas de situaciones tales como las expectativas de aprendizaje que tiene el profesor de sus alumnos, los estilos de aprendizaje, el entorno social del estudiante, los estilos de enseñanza, el contexto político, entre otros (Felder y Silverman, 1988), es factible reconocer la importancia del docente, quien debe identificar estas problemáticas y plantear formas de solucionarlas. Así la universidad se convierte en el escenario propicio

para investigar estas variables pues es allí donde los jóvenes que se están formando como docentes deben ser preparados para afrontar los retos sociales, con la capacidad de identificar las tensiones profesor-estudiante, buscar soluciones para armonizar los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como evitar problemas de atención, aburrimiento, malos resultados en los exámenes y, en muchas ocasiones, la deserción.

Lo anterior sugiere que los procesos de formación universitaria requieren actividades diseñadas para el aprendizaje de conceptos propios de cada disciplina, pero unidas al desarrollo de algunas habilidades que le permitan al futuro profesional responder a las exigencias de la sociedad. Esta necesidad queda claramente expresada en el análisis que el Business and Economics-Banking and Finance hace de los profesionales colombianos:

[...] confían demasiado en su intuición, en sus habilidades para negociar, y en su malicia indígena, mientras que los profesionales de otras latitudes hacen bien la tarea —estudiando las opciones, evaluando con rigor las propuestas y preparando exhaustivamente los cursos de acción. (“Debilidades colombianas frente a la competencia global”, párr. 5).

Atendiendo estas inquietudes, algunos investigadores han realizado trabajos encaminados a la formación de individuos con un pensamiento reflexivo sobre el mundo y una visión crítica propia de sus saberes; sin embargo, los esfuerzos no han generado resultados totalmente satisfactorios a pesar de que los individuos contemporáneos crecen y viven rodeados de información. En consecuencia, se ha planteado la necesidad de una formación que transforme la información disponible en un conocimiento organizado, con proposiciones que ayuden a comprender mejor la realidad (Pérez, 2010). Este trabajo pretende aportar en este campo, para lo cual propone integrar la resolución de problemas, el aprendizaje significativo y los estilos de aprendizaje. Se espera transformar la información existente en el área de la salud en una explicación desde la química de las proteínas, los glúcidos y los lípidos, mediante el uso de la estrategia didáctica en el cumplimiento de los objetivos académicos del grupo de docentes y alumnos.

Por otra parte, durante varios años se ha trabajado en estrategias didácticas que tratan de dar respuesta a diversas preguntas, en las que aún cabe desarrollar investigaciones; entre otras, se resaltan: ¿cómo es la interacción entre el conocimiento previo y un nuevo conocimiento aparentemente incompatible?, ¿a través de qué proceso las personas construyen nuevo conocimiento aceptado en el contexto científico? (Moreira y Greca, 2003). Es entonces pertinente considerar que la relación entre *aprendizaje significativo*, *resolución de problemas* y *estilos de aprendizaje* puede aportar algunos elementos para responder a estas preguntas, mediante el seguimiento del aprendizaje que se pueda realizar durante una

intervención en el aula. Por tanto, el propósito fundamental de este trabajo de investigación es valorar la importancia de los estilos de aprendizaje a la luz de los planteamientos teóricos constructivistas, con el fin de contribuir a identificar las posibles relaciones entre las tres variables mencionadas. La pregunta orientadora de este estudio fue: ¿qué influencia tiene la resolución de problemas en el aprendizaje significativo de conceptos químicos en función de los estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de Licenciatura en Química?

El planteamiento de esta pregunta no pretende desconocer otras variables que afectan los procesos de enseñanza-aprendizaje, que han sido planteadas, estudiadas y socializadas por diferentes investigadores; por el contrario, la investigación aquí desarrollada busca aportar otros argumentos que identifiquen aspectos claves de la educación en ciencias y especialmente de la educación en química. Por tal motivo, identificar la influencia de la estrategia didáctica constructivista de resolución de problemas en el aprendizaje significativo de conceptos químicos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos, en función de los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Licenciatura en Química, se constituye en el principal objetivo que se desarrollará en los siguientes capítulos de esta obra.

BASES TEÓRICAS DE LA INCERTIDUMBRE EDUCATIVA

Los avances en la comprensión del aprendizaje han llevado al posicionamiento del constructivismo como modelo aceptado por la comunidad científica, centrando la enseñanza en la comprensión de conceptos y alejándose de los modelos memorísticos. Así nace un panorama de enseñanza-aprendizaje en donde el centro es el individuo que aprende, y a lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado trabajos de investigación que aportan en los procesos de enseñanza-aprendizaje basados en el constructivismo.

La resolución de problemas, el aprendizaje significativo y los estilos de aprendizaje son tres factores propuestos y trabajados por los investigadores en el marco del constructivismo, y atendiendo a la finalidad del presente trabajo doctoral, los siguientes antecedentes muestran un panorama general del estado actual de la investigación, dejando clara la importancia y el gran interés de los investigadores por estas áreas, encaminadas a conocer las variables individuales que afectan el aprendizaje, proponer estrategias didácticas y fomentar la construcción de conocimiento perdurable en el tiempo.

LAS INDIVIDUALIDADES HUMANAS EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE

La enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular se ha limitado a la transmisión memorística de conceptos, a la realización de actividades tradicionales como la solución de ejercicios y guías de trabajo, y al desarrollo de prácticas en el laboratorio basadas en el seguimiento de una serie de pasos predeterminados

que no permiten discusión alguna, razón por la cual los estudiantes proponen soluciones netamente mecánicas sin una construcción efectiva de conceptos. No obstante, la enseñanza de las ciencias debería promover en el aprendiz el desarrollo de habilidades como interpretación, descripción y construcción de conocimientos, mediante nuevas situaciones a través de la comprensión de lo que se realiza (Sánchez *et al.*, 2009).

Lograr un cambio en las dinámicas de enseñanza-aprendizaje requiere de modificaciones en los paradigmas de los profesores y los estudiantes frente al aprendizaje de conceptos y la forma de enseñar. Sin embargo, abordar el concepto de *aprendizaje* requiere el reconocimiento de la diversidad de posturas al respecto. Investigadores como Alonso (1997, citado en Capella y Coloma, 2003), lo definen como “el proceso de adquisición de una disposición, relativamente duradera, para cambiar la percepción o la conducta como resultado de una experiencia” (p. 15). Esta definición es consistente con el constructivismo porque asume que los conceptos aprendidos son duraderos y generan cambios en la forma de ver las cosas, que la experiencia es una vía para mejorar el aprendizaje y que la conducta frente a diversas situaciones puede cambiar gracias a la construcción de conocimiento. De acuerdo con lo anterior, se acepta que la forma de aprender no es igual en todas las personas, así como que las diferencias individuales pueden influir en las actitudes, la motivación y el deseo de aprender. Por esto, aceptar estas diferencias conduce a la creación de herramientas didácticas enfocadas en mejorar el proceso de aprendizaje en los estudiantes (Quintanal, 2012).

Esta afirmación permite aproximarse al concepto de *estilo de aprendizaje*, frente al cual existen diversas posturas por parte de los investigadores. La mayoría coincide en que es la forma como la mente procesa la información o cómo es influida por las percepciones de cada individuo (Baldwin *et al.*, 1984; Mativo *et al.*, 2013; Steinmann *et al.*, 2013; Williams *et al.*, 2012). Kolb (1984, citado en Capella y Coloma, 2003) lo describe como: “algunas capacidades de aprender que se destacan por encima de otras como resultado del aparato hereditario, de las experiencias vitales propias y de las exigencias del medio ambiente actual” (p. 16). Según esta definición, los aspectos biológicos hacen parte importante de los estilos de aprendizaje y el factor genético (hereditario) condiciona las capacidades de aprender, como también el entorno del individuo y sus vivencias. Asociadas a esta variedad de definiciones se encuentran diferentes clasificaciones de estilos de aprendizaje (véase tabla 1.1).

Tabla 1.1. *Clasificación de estilos de aprendizaje*

Autores	Estilos de aprendizaje
Felder y Silverman (1988)	Información percibida
	• Sensitivos
	• Intuitivos
	Percepción sensitiva
	• Visuales
	• Verbales
	Organización de la información
	• Inductivos
	• Deductivos
	Comprensión de la información
• Secuenciales	• Globales
Forma de trabajar la información	• Activos
• Reflexivos	
Fleming y Mills (1992)	Visual
	Auditivo
	Lector/Escritor
	Quinestésico
Honey y Mumford (1986)	Reflexivo
	Teórico
	Pragmático
	Activo
Grasha (2002)	Competitivo
	Colaborativo
	Participativo
	Dependiente
	Independiente
Evitante	

Fuente: elaboración propia.

El aspecto común que relaciona los trabajos de estos investigadores es el hecho de aceptar las características individuales que influyen en el proceso de aprendizaje cuando una persona afronta el ejercicio de aprender, es decir, cada individuo aprende de manera diferente. Por tanto, los estudiantes llevan al aula una complicada configuración de rasgos personales, orientaciones específicas hacia

la vida y del mundo que les rodea, así como un conjunto particular de destrezas y actitudes educativas (González, 2001).

Para explicar la propuesta de Honey y Mumford es necesario referirse al modelo de Kolb como el punto de partida. En la década de los setenta, este psicólogo estadounidense afirmó que la experiencia se refiere a toda la serie de actividades que permiten aprender (Kolb *et al.*, 1974) y que el aprendizaje está condicionado por la experiencia vivida, y consta de cuatro etapas que incluyen: la experiencia concreta, una observación reflexiva, la conceptualización abstracta y una experimentación activa. Por tanto, un aprendizaje óptimo se logra en cuatro etapas que podrían resumirse como se ilustra en la figura 1.1.

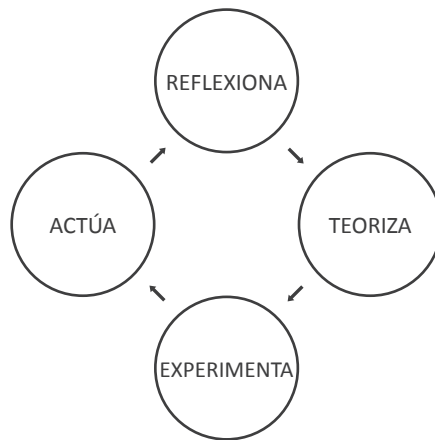


Figura 1.1. *Modelo de aprendizaje según Kolb*

Fuente: Kolb *et al.* (1977, p. 18).

Sin embargo en la práctica, las personas prefieren alguno o algunos de los cuatro aspectos planteados en la figura 1.1, lo cual lleva al desarrollo de estrategias personales para el aprendizaje, que incluyen la preferencia por actividades que se acoplen a dicha especificidad y el rechazo de aquellas que no lo hagan. Con esta perspectiva, Kolb y sus colaboradores definieron la percepción y el procesamiento como dimensiones del aprendizaje, es decir, el aprendizaje se logra según se perciban las cosas y luego según cómo se procesen (Kolb *et al.*, 1974). De acuerdo con estas dimensiones se describen dos tipos de percepción y dos formas de procesamiento de la información (véase tabla 1.2).

Tabla 1.2. *Tipos de percepción y procesamiento de la información según Kolb*

Dimensiones del aprendizaje	
Percepción de la información	Procesamiento de la información
Por experiencias concretas	Por experiencias activas
Por conceptualización abstracta	Por observación reflexiva

Fuente: elaboración propia.

Este planteamiento permite proponer un modelo de cuatro cuadrantes (véase figura 1.2), que explica las diferentes formas como las personas aprenden, que dan origen a la descripción de los estilos de aprendizaje (Freedman y Stumof, 1980; D. Gómez *et al.*, 2012; Kolb *et al.*, 1974).

Figura 1.2. *Matriz de cuatro cuadrantes de estilos de aprendizaje de Kolb*Fuente: Kolb *et al.* (1977, p. 18).

Posteriormente, y tomando como base el trabajo de Kolb, Honey y Mumford (1986) incluyeron en los estilos de aprendizaje las actitudes y los comportamientos como aspectos determinantes de las formas de aprender, tomados como base en diversas investigaciones, cuyos resultados han permitido ampliar los aspectos característicos de cada uno de los estilos de aprendizaje.

En 1992 Honey y Alonso diseñaron, validaron y aplicaron el Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje (CHAEA), el cual permite diagnosticar el estilo de aprendizaje de cada individuo con un nivel más técnico y objetivo que la simple observación asistemática, además de ofrecer datos acerca de cómo prefieren

aprender los alumnos y si necesitan más o menos dirección y estructura, con lo que los docentes pueden contar con una información interesante para tomar decisiones acerca de la selección de materiales educativos, cómo presentar la información o crear grupos y subgrupos de trabajo, qué procedimientos de evaluación usar, entre otros (Capella y Coloma, 2003).

De acuerdo con lo anterior, se puede observar que Honey y Mumford le dan un carácter actitudinal a los estilos de aprendizaje y por tanto variable, ya que en las personas esta característica puede ser cambiante en el tiempo cuando se realizan actividades encaminadas a transformarlas. Algo similar se puede decir del comportamiento, el cual puede ser alterado muy rápidamente por influencia de factores externos a los que esté sometido el individuo.

El modelo propone que el proceso de aprendizaje es continuo y se logra en cuatro etapas, todas ellas necesarias y no excluyentes:

- **Experiencial:** el aprendizaje empieza cuando un individuo tiene una experiencia acerca del objeto de aprendizaje.
- **Revisión de la experiencia:** el individuo analiza la experiencia.
- **Concluyendo desde la experiencia:** una vez analizada la experiencia, se elaboran conclusiones.
- **Planeación:** con las conclusiones, el individuo planea el siguiente paso y retoma una experiencia para repetir nuevamente el ciclo.

En este ciclo de aprendizaje, lo ideal es que las personas puedan experimentar, reflexionar, proponer hipótesis y planear acciones, pero lo cierto es que los individuos desarrollan preferencias y actúan mejor en tanto se favorezcan algunos de estos aspectos (Legorreta, 2000).

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo de investigación asume el modelo experiencial de aprendizaje propuesto por Honey y Mumford (1986) y las características de los estilos de aprendizaje propuestos por Alonso (1992), las cuales se describen en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. *Características de los estilos de aprendizaje según Honey y Alonso*

Características	Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
Principales	Animador	Ponderado	Metódico	Experimentador
	Improvisador	Conciencioso	Lógico	Práctico
	Descubridor	Receptivo	Objetivo	Directo
	Arriesgado	Analítico	Crítico	Eficaz
	Espontáneo	Exhaustivo	Estructurado	Realista
Otras	Creativo	Observador	Disciplinado	Técnico
	Novedoso	Recopilador	Planificado	Útil
	Aventurero	Paciente	Sistemático	Rápido
	Renovador	Cuidadoso	Ordenado	Decidido
	Inventor	Detallista	Sintético	Planificador
	Vital	Estudioso	Razonador	Positivo
	Innovador	Investigador	Pensador	Concreto
	Conversador	Asimilador	Perfeccionista	Objetivo
	Líder	Distante	Generalizador	Claro
	Chocante	Prudente	Relacionador	Seguro de sí
	Participativo	Sondeador	Explorador	Organizador
	Competitivo	Inquisidor		

Fuente: Capella y Coloma, 2003, p. 25.

El estudio de los rasgos particulares de cada estilo de aprendizaje ha permitido proponer características que los identifica, siendo un aspecto de oportunidad en la planeación de actividades en el aula. A continuación se presentan las principales características para el caso de los estilos de aprendizaje propuestos por Honey y Mumford.

- **Estilo activo:** las personas con una preferencia por este estilo de aprendizaje se vinculan fácilmente a nuevas experiencias, discuten, aplican conocimientos, prueban las cosas para determinar su funcionamiento y trabajan en grupo (Guanipa y Mogollón, 2006). Esta descripción y las características presentadas en la tabla 1.3 son la base para la planeación de actividades en el aula. Se recomiendan aquellas que mantengan el interés del estudiante mediante nuevos retos; se deben evitar actividades donde el estudiante cumpla un rol pasivo, como las teóricas o individuales; es preferible proponer lluvia de ideas, solución de problemas y discusión en grupo (L. Gómez *et al.*, 2004). Estas características muestran que las clases netamente magistrales no les favorecerán, llevándolos seguramente a un bajo rendimiento académico.

- **Estilo reflexivo:** a las personas con estilo de aprendizaje reflexivo les gusta considerar las experiencias y observarlas desde diferentes perspectivas antes de actuar, prefieren trabajar solos, se inclinan por aprender de materiales ordenados en libros, conferencias y presentaciones (Guanipa y Mogollón, 2006). Dado que cuentan con la cualidad de escuchar y observar a los demás, realizar entrevistas puede ser una actividad favorable. Necesitan de diversas fuentes que respalden las ideas antes de decir algo, aspecto que puede llevarlos a dilatar el proceso de proponer conclusiones por no tener los suficientes puntos de vista. Bajo estas características, el profesor debe orientarlos para acelerar la toma de decisiones o el proceso de aprendizaje se puede prolongar. Por esta razón, no les gusta las actividades que impliquen presión del tiempo o donde tengan que actuar como líderes (Muñoz y Silva, 2003).
- **Estilo teórico:** son personas que integran observaciones dentro de teorías lógicas, enfocan los problemas de forma vertical, escalonada, por etapas lógicas, tienden a ser perfeccionistas, analizan y sintetizan; para ellos, si es lógico es bueno (Capella y Coloma, 2003). Las personas con este estilo necesitan modelos con conceptos y hechos ordenados, las actividades sistematizadas y lógicas les permite organizar su aprendizaje, no se sienten cómodos con actividades ambiguas, no les gusta involucrar las emociones en lo que hacen. Por estas razones, el profesor debería planear actividades donde los conceptos partan de teorías y se promueva la organización de pasos lógicos para llegar a conclusiones; por ejemplo, empleando datos estadísticos, buscar antecedentes, realizar indagaciones y plantear modelos (L. Gómez *et al.*, 2004).
- **Estilo pragmático:** prefieren la aplicación práctica de las ideas, descubren el aspecto positivo de lo nuevo y aprovechan la primera oportunidad para experimentar, actúan rápidamente y con seguridad, son impacientes con personas que teorizan (Capella y Coloma, 2003). El proceso de aprendizaje lo logran mejor si aplican los conceptos, por lo que el estudio de caso, la resolución de problemas y las discusiones sobre la aplicación real favorece su proceso de aprendizaje; por el contrario, actividades poco aplicables a la vida real y sin una finalidad podrían generarles grandes dificultades (Muñoz y Silva, 2003).

Por lo anterior, el estudio de los estilos de aprendizaje permite conocer mejor a los estudiantes, de tal manera que las actividades desarrolladas en el aula pueden ser diseñadas basadas en ellos, lo cual reviste gran importancia cuando los aprendices presentan dificultades en la construcción de los conceptos. Esto presume que es posible plantear dichas actividades desde el constructivismo y determinar el impacto que tienen sobre el aprendizaje.

Aceptando que este tiene lugar cuando una idea novedosa es asimilada en una estructura cognitiva existente, gracias a que una variable influye en el aprendizaje

y retención de conceptos y por la disponibilidad en la estructura cognitiva de re-ancorar las ideas relevantes (Ausubel, 1968), se debe considerar el hecho que cada persona ve, entiende y asimila las cosas de forma diferente, y en el campo educativo esta característica se percibe en diversos aspectos, especialmente en la forma de aprender de los estudiantes: algunos prefieren imágenes; otros, actividades manuales y lecturas; algunos, conferencias magistrales, etcétera. Por tanto, considerar una variable de corte cognitivo como evidencia de un proceso de aprendizaje es importante en el planteamiento y desarrollo de algunas investigaciones en este campo, razón por la cual los estilos de aprendizaje surgen como la opción adecuada.

Las implicaciones de los estilos de aprendizaje han sido estudiadas por diversos investigadores, quienes consideran importante evaluar su relación con los logros académicos y con otras variables como los estilos de enseñanza. Felder y Silverman (1988) realizaron un trabajo donde identificaron los estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería y su relación con los estilos de enseñanza de los profesores, y encontraron fenómenos de incompatibilidad entre ellos que afectan el rendimiento académico. Por tanto, esta investigación rescata el papel del profesor frente a la actividad en el aula, quien debe reconocer sus características en el momento de enseñar y las individualidades de sus estudiantes, con el fin de reducir las tensiones que surgen.

Por su parte, Grasha (2002) menciona la importancia de lograr un equilibrio entre los estilos de aprendizaje y los de enseñanza, para mejorar el trabajo en el aula y reducir los problemas que afectan el proceso de aprendizaje en los estudiantes, disminuyendo así los niveles de deserción. Este planteamiento hace evidente la necesidad de armonizar estrategias didácticas con los estilos de aprendizaje (Cisneros *et al.*, 2004; Guanipa y Mogollón, 2006).

Otra problemática que surge en el contexto de los estilos de aprendizaje es la relación con el rendimiento académico. Algunas investigaciones se han centrado en el estudiante; por ejemplo, Luengo y González (2005), mediante una investigación preexperimental, determinaron la relación entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico en matemáticas, encontrando que los estudiantes con mejores resultados tenían estilos de aprendizaje reflexivo o teórico, y destacaron la importancia de identificar los estilos de aprendizaje como primer paso para mejorar la labor docente.

En el área del aprendizaje de la física, se encuentran trabajos en los que se reporta una fuerte dependencia entre los estudiantes con estilo de aprendizaje activo y un buen rendimiento académico (Marín y Alarcón, 2010). Existen trabajos en los cuales se proponen estrategias para la aplicación de la pedagogía dialogante a fin de mejorar los resultados de la enseñanza y el aprendizaje en las

actividades de la física experimental a través de los estilos de aprendizaje (Rodríguez *et al.*, 2010).

La preocupación por el rendimiento académico y su relación con los estilos de aprendizaje también ha estado presente en el área de las ciencias médicas. Algunos trabajos dan cuenta de los mejores rendimientos académicos logrados por estudiantes que no tenían un estilo de aprendizaje claramente definido, a los que llamaron estudiantes con estilo de aprendizaje múltiple (Ayesha *et al.*, 2013). En otro estudio, con 285 estudiantes de enfermería, se encontró una alta correlación entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico ($p < 0,05$, $df = 15$), lo cual conduce a ubicar en un plano importante las necesidades individuales de los estudiantes, en el momento de desarrollar en el aula de clase estrategias tendientes a lograr un proceso de aprendizaje eficaz (Yuh-Shiow *et al.*, 2014).

Otro aspecto de interés para los investigadores es el uso de los estilos de aprendizaje en los procesos evaluativos, para lo cual se ha propuesto un modelo de enseñanza tutorial, donde la relación del profesor (tutor) y el estudiante debe lograr cierto grado de autonomía en el alumno mediante actividades que favorezcan el desarrollo equilibrado del aprendizaje. Estas actividades junto con el entorno escolar permiten fomentar el desarrollo de habilidades como la autonomía, la reflexión y la autoorientación; cambiar el paradigma de la relación profesor-estudiante, y promover el mejoramiento de la práctica educativa dentro de un contexto de alta diversidad (Adán, 2008; López, 2013).

En este sentido, el profesor cuenta con un amplio panorama para proponer formas de evaluar un proceso de aprendizaje bajo la perspectiva de un aprendizaje experiencial, reflexivo, teorizante, y con acciones sobre la teoría propuesta (Kolb *et al.*, 1974), teniendo en cuenta la posibilidad de reflexionar, asimilar, transformar y teorizar conceptos abstractos con las implicaciones dadas por la acción (Manav y Eceoglu, 2014). Así, la evaluación estaría encaminada a la construcción y reconstrucción de conceptos, así como a la identificación de las relaciones surgidas entre ellos durante el proceso cíclico del aprendizaje.

Los estilos de aprendizaje propuestos por Honey y Mumford han tenido una amplia aplicación en el contexto hispanoamericano en diferentes áreas del conocimiento. En química en particular, se destaca el estudio enfocado en identificar el perfil estilístico presente en los estudiantes de las carreras de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Austral de Chile. Aquí se resalta el predominio de los estilos activo y teórico, presumiendo que los estudiantes inician su aprendizaje desde experiencias concretas (activos) o bien desde experiencias abstractas (teóricos), aspecto a tener en cuenta por parte del profesor (Chrismar, 2005).

Para el caso de Colombia, se han determinado los perfiles de estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería química de la Universidad de Cartagena mediante la aplicación del Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje

(CHAEA). Se encontró que los hombres tienen una marcada preferencia por los estilos activo y pragmático, y por combinaciones de estilos, a los cuales Acevedo *et al.* (2015) denominaron “multimodal”. Por su parte, las mujeres presentan una mayor preferencia por los estilos teórico y pragmático.

Otros estudios en el área de química se han enfocado en identificar las diferencias en el rendimiento académico y su relación con el sexo y el perfil de estilos de aprendizaje. En este aspecto, se destaca el desarrollado por Sepúlveda *et al.* (2011), quienes identificaron la existencia de diferencias en el rendimiento, los estilos y las estrategias de aprendizaje en función del sexo: las mujeres tienen mayor rendimiento académico y usan un mayor número de estrategias cognitivas. Por otra parte, el análisis de los estilos de aprendizaje mostró preferencias moderadas y en muchos casos algunos estudiantes registraron características de diversos estilos.

La combinación de estilos de aprendizaje ha podido ser identificada en diversas poblaciones. Es el caso de un estudio realizado con estudiantes de una Licenciatura en Farmacia de la Universidad de Costa Rica. Según los resultados, muchos estudiantes no presentaron un estilo de aprendizaje puro, razón por la cual se les atribuye la mejor adaptación a los requerimientos de los cursos. Por otra parte, se evidencia que el sexo no es una variable que influya significativamente en el rendimiento (Lizano *et al.*, 2015).

Los trabajos antes mencionados sugieren la importancia de proponer y desarrollar estudios que ayuden a identificar las implicaciones de los estilos de aprendizaje sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje. Al respecto, en el campo de la educación en ciencias naturales, los estilos de aprendizaje han demostrado las preferencias de los estudiantes frente a las actividades realizadas en el aula en el momento de abordar una situación relacionada con su campo de aprendizaje, las cuales determinan su rendimiento académico. No obstante, se debe tener cuidado en el momento de poner en operación los estilos de aprendizaje, pues se han identificado tres problemas: confusión en las definiciones, debilidad en la validez y confiabilidad de los instrumentos de valoración. Igualmente, parece existir ciertas dificultades en identificar las características específicas con su consecuente establecimiento de sugerencias para el diseño de actividades didácticas (Ocampo *et al.*, 2014).

Las dificultades antes mencionadas han generado críticas frente al hecho de considerar solamente los estilos de aprendizaje como variable importante en el proceso de aprendizaje, desconociendo otras como el contexto social, la estructura familiar, la cultura, el ambiente escolar y los estilos de enseñanza. Dichas variables surgen como una propuesta más para acercarse al conocimiento de las características particulares de los estudiantes, permitiendo al profesor contar con una herramienta extra en la planeación de actividades acordes a estas diferencias, aceptando la tendencia a desarrollar preferencias y estrategias de aprendizaje con

rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos particulares de cada individuo, los cuales definen los estilos de aprendizaje (L. Gómez *et al.*, 2004; D. Gómez *et al.*, 2012).

Frente a la diversidad de propuestas de estilos de aprendizaje, algunos investigadores se han interesado en determinar las posibles correlaciones entre los estilos de aprendizaje propuestos por diferentes autores, con el fin de llegar a algunos consensos al respecto, tendientes a unificar las clasificaciones propuestas. Así, en un estudio realizado con 208 estudiantes de educación media en la ciudad de Bogotá, registrados en la modalidad técnica de educación o énfasis en ciencias naturales, se pretendió identificar las posibles correlaciones entre los estilos de aprendizaje propuestos por Honey, Gallego y Alonso; por Kolb y por Grasha-Reichmann, con el fin de proponer una unificación de categorías en los estilos de aprendizaje. Los resultados estadísticos muestran índices de correlación estadística muy bajos; por tanto, se asumen que no existe correlación entre las categorías propuestas, probablemente por los diferentes enfoques que cada autor propone al caracterizar cada categoría de estilo de aprendizaje (Herrera, 2010).

EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Existe el consenso de que el concepto más importante de la teoría de Ausubel, propuesta en 1963, es el *aprendizaje significativo*, en el cual expone la forma como el aprendizaje sucede cuando una nueva información se enlaza con ideas pertinentes existentes en la estructura cognitiva de quien aprende, requiriéndose un proceso que involucra una interacción entre la información nueva y un concepto integrador, entendido como una estructura específica del conocimiento previamente apropiada por parte del aprendiz (Hewett, 1963; Silva, 2011).

Esta teoría asume el aprendizaje de conceptos y proposiciones mediante la creación de estructuras cognitivas nuevas o ampliadas, como resultado de la asimilación de los nuevos conceptos en la organización preexistente, razón por la cual se le conoce como teoría de la asimilación del aprendizaje. De hecho, Ausubel menciona como aspecto importante, como vía para el logro del aprendizaje, la necesidad de identificar lo que el alumno ya sabe para enseñar en consecuencia (Ausubel, 1968; Rey, 2008). Según este autor, el aprendizaje es un proceso altamente organizado, en el cual se crea una jerarquía conceptual, donde los elementos específicos se anclan a conocimientos más generales que les permite ser asimilados, definiendo una estructura cognoscitiva jerárquica como producto de la experiencia del individuo (Silva, 2011).

La teoría de Ausubel incluye tres ideas relevantes del aprendizaje: la inclusión, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora. En ella los conceptos que permiten la inclusión en la estructura cognitiva preexistente son importantes para lograr los objetivos de aprendizaje. Estos conceptos inclusores sufren

un refinamiento cuando el individuo aprende mediante la inclusión de nuevas proposiciones y nuevos conceptos, lo cual genera una diferenciación progresiva, amplía la estructura cognitiva, y en la medida que el proceso de aprendizaje continúa aparece la reconciliación integradora, cuando el individuo logra articular o recombinar los nuevos conceptos en la estructura cognitiva, lo cual se evidencia en la creación de nuevas interrelaciones, cuando se aceptan nuevos significados en una nueva estructura cognitiva mejorada.

Hablar de aprendizaje desde la propuesta de Ausubel (1968) implica aceptar un proceso donde una idea novedosa es asimilada en una estructura cognitiva existente gracias a la disponibilidad de retención en la estructura cognitiva mediante el anclaje a conceptos preexistentes. Esto solo es posible si el estudiante cuenta con una actitud abierta y predispuesta a aprender, y un material de trabajo en el aula potencialmente significativo, para ayudar a relacionar las nuevas ideas de una manera razonable, no aleatoria y no lineal, con una estructura cognitiva apropiada. Ausubel (2002) propone tres tipos de aprendizaje significativo basado en la forma de recibir la información.

- **Aprendizaje representacional:** es un aprendizaje parecido al memorístico y sucede cuando el significado de unos símbolos, aparentemente arbitrarios, se iguala con sus referentes, es decir, con objetos, eventos o conceptos. Este aprendizaje se puede considerar significativo porque los símbolos y sus referentes pueden estar relacionados en forma lógica a manera de ejemplos con una generalización presente en la estructura cognitiva, asociando así significados con un objeto, evento o concepto.
- **Aprendizaje de conceptos:** Ausubel asume los conceptos como objetos, eventos, situaciones o propiedades, los cuales cuentan con algunos atributos comunes que los caracterizan y están designados por el mismo signo o símbolo. Estos conceptos se aprenden mediante formación (como lo hacen los niños en sus primeros años). Teniendo en cuenta que no preexisten en la estructura cognitiva, los atributos de los conceptos se adquieren mediante la experiencia o por asimilación. Es posible definir los atributos de los nuevos conceptos mediante su uso en nuevas combinaciones de referentes preexistentes y disponibles en la estructura cognitiva.
- **Aprendizaje de proposiciones:** este tipo de aprendizaje hace referencia al aprendizaje significativo de proposiciones verbales, relacionándolas e interactuando con ideas ya existentes en la estructura cognitiva. Como consecuencia aparecen nuevos significados. Este aprendizaje es mucho más complejo que el de aprender significados de palabras, debido a las posibilidades de involucrar una idea compuesta expresada verbalmente con las relaciones existentes entre las palabras. Estas relaciones comprenden

interacciones concretas con el contenido de ideas pertinentes ya establecidas en la estructura cognitiva y pueden ser:

- Subordinadas: cuando una proposición se relaciona con otras de orden superior en la estructura cognitiva. Por ejemplo, cuando un material de aprendizaje ejemplifica una idea ya existente en la estructura cognitiva, o si el material es una extensión, una modificación o una matización de proposiciones previamente aprendidas.
- De orden superior: cuando una proposición nueva se enlaza con ideas subordinadas de la estructura cognitiva o con un amplio fondo de ideas pertinentes de la estructura cognitiva.
- Combinatorias: el aprendizaje combinatorio se da cuando una proposición no es enlazable con ideas específicas subordinadas o de orden superior pero sí con una combinación de contenidos pertinentes generales de la estructura cognitiva.

Investigaciones más recientes indican que las estrategias de enseñanza-aprendizaje deben estar diseñadas sobre una base donde se acepte la relatividad, la probabilidad, la incertidumbre y la causalidad de los conceptos, a fin de formar un individuo flexible, creativo, innovador, tolerante, y en general con unas características útiles para enfrentar la ambigüedad sin perderse, y capaz de construir nuevos significados que le permitan hacer frente a los constantes cambios ambientales. De esta manera, el aprendizaje significativo se transforma en un *aprendizaje significativo crítico* (Moreira, 2005).

De acuerdo con Moreira y Greca (2003), este último se asume como la perspectiva que le permite al individuo formar parte de su cultura y al mismo tiempo estar fuera de ella, evitando la subyugación cultural. Así, la persona puede enfrentarse de forma constructiva al cambio sin dejarse dominar por él; manejar la información sin sentirse impotente frente a la velocidad de flujo; beneficiarse de la tecnología; trabajar con la incertidumbre, la relatividad, la no causalidad y la probabilidad, siendo para ello necesario:

- Aprender-enseñar preguntas y no respuestas.
- Aprender a partir de diferentes materiales educativos.
- Aprender que somos perceptores y representantes del mundo.
- Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad.
- Aprender que el significado está en las personas y no en las palabras.
- Aprender que se aprende corrigiendo los errores.
- Aprender a desaprender.

- Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y metáforas son instrumentos para pensar.
- Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza.

De acuerdo con lo anterior, se reconoce la existencia de una relación entre aprendizaje significativo y constructivismo, según la cual el individuo transforma sus esquemas de conocimiento desequilibrando y reequilibrando sus constructos o esquemas cognitivos.

Desde esta perspectiva, los supuestos que direccionan estos cambios cognitivos son los siguientes:

- Aprender es una actividad compleja, donde se ponen en juego diversos factores que dependen de las características personales del alumnado y del contexto del aprendizaje (Valle y Barca, 1993).
- Aprender es una actividad individual, nadie puede aprender por otro, donde están implicadas todas las dimensiones de la personalidad, desde las afectivas a las cognitivas pasando por las sensoriales, motrices y culturales, entre otras (Martínez, 2008).
- El proceso de enseñanza contribuye al cambio de estructuras del conocimiento. Es, por tanto, un enfoque desarrollado dentro de la fundamentación cognitiva del aprender (Pozo, 1999).
- Las interacciones profesor-alumno y alumno-alumno son igualmente importantes. El trabajo cooperativo es un marco conveniente para su desarrollo.
- Los debates, el diálogo, el clima de compromiso por ambas partes, así como la continua elaboración de materiales y la facilidad de acceso a recursos variados son elementos esenciales (Martínez, 2008).

Estos supuestos presuponen un aprendizaje significativo exitoso durante el proceso de enseñanza. Este modelo instruccional propone desarrollar secuencialmente varios procesos complejos, y como consecuencia se logra un aprendizaje profundo, duradero y transferible. El proceso se resume así:

1. **Elicitación:** se parte de un diagnóstico inicial del conocimiento que tiene el alumno sobre la información que ha de ser asimilada.
2. **Intervención:** con base en el resultado del diagnóstico inicial, se organiza el tratamiento de la información y la situación de enseñanza, adecuándolas al alumnado. La intervención mediada está directamente relacionada con la naturaleza de la información obtenida en la primera fase.
3. **Regulación:** se realiza una evaluación continuada sobre el desarrollo de la acción.

4. Retroalimentación: se verifican los aspectos no aprendidos o pendientes y se inicia una nueva secuencia (Trujillo y Auduriz, 2002).

En la mayoría de los casos, las ideas pertinentes existentes en una estructura cognitiva son muy generales y difícilmente actúan como ideas ancla de nuevos conceptos, razón por la cual la secuencia anterior emerge como vía para recortar la distancia entre lo que ya sabe el individuo y lo que necesita saber para asimilar una nueva idea; de hecho, como parte integral de la secuencia, los materiales utilizados para la intervención desempeñan un papel importante en la mediación de relacionar de modo pertinente la idea particular y las de anclaje (Ausubel, 2002).

La mediación y el anclaje de las nuevas ideas requieren de una evaluación del proceso para determinar si la organización cognitiva fue eficaz. Esto ha llevado a que los mapas conceptuales se hayan posicionado como una ayuda para hacer seguimiento y evaluar el aprendizaje. Estos diagramas jerárquicos reflejan la organización conceptual de algún tema y son una herramienta pertinente para el estudiante en el proceso del aprendizaje significativo, y para la organización de los materiales y las actividades en el aula por parte del profesor (Novak y Gowin, 1984).

En la actualidad, algunos investigadores recomiendan tener en cuenta dentro del aprendizaje significativo la importancia de relacionar los conceptos a enseñar con la estructura cognitiva del aprendiz, lo cual implica un conocimiento previo de la estructura cognitiva de partida y el diseño de actividades y materiales acordes a esta estructura (Elboj *et al.*, 2006).

En general, se sabe que en la mayoría de los casos, los docentes en formación y en ejercicio son conscientes de la necesidad de hacer cambios en los procesos tradicionales de enseñanza, donde se integren actividades y teorías reflexivas como las constructivistas (Duarte y Valbuena, 2014), pero aún en la práctica subsiste la metodología memorística basada en las prácticas magistrales puramente transmissionistas (Cid y Pérez, 2013), prácticas que evalúan el cumplimiento de unos objetivos sin dar valor real a la calidad de lo aprendido, es decir, no se evalúa la construcción significativa de conceptos en un contexto actual.

En consonancia con el planteamiento anterior, se hace necesario concientizar a los profesores de la importancia de renovar las actividades de enseñanza-aprendizaje, así como la forma de actuar en la relación profesor-estudiante, aspectos con gran influencia en el aprendizaje significativo. Igualmente, es necesario concientizar a los profesores y estudiantes del hecho que el aprendizaje significativo se logra cuando la nueva información puede relacionarse en forma sustantiva (no al pie de la letra) y no arbitraria con la estructura cognitiva del alumno, es decir, cuando el nuevo conocimiento establece una conexión perdurable en la estructura cognitiva (Sánchez *et al.*, 2009).

La calidad del proceso se hace evidente cuando el alumno relaciona naturalmente el conocimiento recién aprendido con el previo y cuando esté en capacidad de proyectar el nuevo conocimiento hacia otros contenidos potencialmente aprendidos. Por tanto, cada nuevo aprendizaje debe pasar por tres fases: inclusión, diferenciación progresiva y reconciliación integradora, reconociendo la evolución de las interrelaciones verbalizadas en proposiciones identificadas en la estructura cognitiva del estudiante (Novak y Gowin, 1984). A diferencia de un aprendizaje memorístico o mecánico, se espera que las proposiciones sean perdurables en el tiempo. En consecuencia, el aprendizaje significativo permite la retención de los conceptos aprendidos, no obstante, puede darse el olvido en el aprendizaje significativo, pero al estar los conceptos incrustados en la estructura cognitiva, estos no se pierden, efecto que Ausubel y Novak denominan la “inclusión objetiva” (Ausubel, 1968; Novak y Gowin, 1984).

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Aceptando que el aprendizaje significativo genera una evolución de la estructura cognitiva del individuo, es necesario diseñar actividades evaluativas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje con el objetivo de observar la evolución en la estructura cognitiva. Al respecto, Rey afirma:

En cuanto al proceso evaluativo podemos distinguir dos aplicaciones: la que observa una evolución y la que constata una estructura cognitiva final. La primera tiene por objeto detectar las modificaciones en la estructura cognitiva del sujeto, tras el proceso de formación para poner de relieve un aprendizaje. Esta evaluación requiere como mínimo dos medidas: una previa al proceso de aprendizaje y una posterior, y puede optarse por una valoración cualitativa o una cuantitativa. La segunda aplicación pretende comprobar que el alumno ha alcanzado los objetivos de la asignatura, por tanto bastará con una sola medida final y suele atribuírsele una valoración cuantitativa. (2008, p. 40)

Los mapas conceptuales

Evaluar el aprendizaje significativo es un proceso que requiere unas pruebas válidas y fiables, que den cuenta de la inclusión de nuevos conocimientos y su integración a la estructura cognitiva. En este sentido, los mapas conceptuales surgen como un instrumento que ha demostrado validez y fiabilidad, a pesar de las dificultades para su valoración.

Un *mapa conceptual* es una representación gráfica jerárquica de la estructura cognitiva. Sus elementos básicos son los conceptos y sus interrelaciones:

- Conceptos: son abstracciones, imágenes mentales o características comunes de un grupo de objetos o acontecimientos.
- Propositiones: son unidades semánticas formadas por dos o más conceptos unidos por palabras apropiadas que le dan un significado.
- Palabras enlace: son palabras que unen conceptos para formar una unidad de significado (Campos, 2005).

Los mapas conceptuales permiten observar la construcción de nuevas relaciones entre conceptos nuevos y conceptos previamente aprendidos, sin una relación lógica; además, muestran explícitamente las relaciones entre conceptos y proposiciones que cada persona tiene acerca de un tema y a la vez pueden ayudar a los profesores y estudiantes a intercambiar puntos de vista sobre una conexión particular y definir si es válida o si existen correlaciones erróneas entre conceptos (Novak y Gowin, 1984).

En los mapas conceptuales, los conceptos se organizan jerárquicamente: el superior se denomina *supraordenado*, del cual se derivan otros conceptos enlazados o *subordinados*. El mapa se puede ramificar cuando existen conceptos que se incluyen y alimentan la estructura cognitiva. Estas ramificaciones pueden surgir del elemento supraordenado y llegar a un extremo final; entre conceptos de diferentes ramas pueden surgir enlaces llamados *enlaces cruzados*.

Se considera dinámica la evolución de las estructuras cognitivas, siempre y cuando se acepte el carácter no finalizado del aprendizaje. Por tanto, entre más compleja sea la estructura cognitiva, con proposiciones válidas, relaciones entre conceptos, enlaces cruzados e inclusión de conceptos multidisciplinarios válidos y aplicables, más cerca se está de un aprendizaje significativo y duradero.

En el contexto anterior, y bajo el supuesto de que los individuos aprenden de forma diferente, y por ello cuentan con preferencias y estrategias propias en el momento de aprender conceptos, es pertinente considerar que dichas características podrían condicionar el aprendizaje. De esta manera, los mapas conceptuales emergen como una estrategia adecuada para evaluar el proceso individual de aprendizaje.

En la década de los años sesenta del siglo pasado, Ausubel (1968) propuso la teoría de la asimilación del aprendizaje enfatizando el aprendizaje significativo, considerado como una teoría psicológica del aprendizaje en el aula. En ella se presenta un marco teórico que pretende explicar los mecanismos de asimilación y retención de significados centrados en el individuo que aprende, sin embargo, adolece de propuestas que evalúen dichos mecanismos.

Estrategias para fomentar el aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje significativo incluye todos los factores, las condiciones y los elementos que favorecen la adquisición de significados, por tanto, exige realismo y viabilidad, con un constante monitoreo de las variables que inciden en el proceso. Así, frente a las estrategias didácticas utilizadas para lograr y evaluar un aprendizaje significativo, se encuentran trabajos de investigación donde han utilizado mapas conceptuales, talleres de resolución de problemas y foros de discusión como herramientas para favorecer el aprendizaje significativo. Se ha reportado que el aprendizaje se logra por cooperación entre compañeros de estudio y el profesor, y donde las herramientas empleadas tienen un papel importante en el aprendizaje de los conceptos como el de ondas en física (Silva, 2011).

Otra estrategia utilizada para fomentar y evaluar el aprendizaje significativo es el juego de roles. Gaete (2011) utilizó el estudio de caso con estudiantes de tercer año de programas de pregrado en administración pública, de empresas y trabajo social en la Universidad de Antofagasta Chile. Reportó buenos desempeños académicos por parte de los estudiantes.

Es evidente el interés de los investigadores por seguir aportando en la búsqueda de formas de enseñanza a fin de propiciar un proceso de aprendizaje acorde con las necesidades del estudiante. En las últimas dos décadas, se ha trabajado en función del aprendizaje significativo de las ciencias, utilizando estrategias centradas en el estudiante, ya sea mediante el uso de mapas conceptuales o mediante la experimentación, propiciando ambientes de aprendizaje donde el alumno se involucra activamente en la construcción de sus significados (Bruna *et al.*, 2014).

A pesar de las limitaciones, el aprendizaje significativo en ciencias requiere no solo de la práctica de laboratorio sino de un trabajo simultáneo de ejercitación, experimentación y metacognición, orientado por el docente (Landau *et al.*, 2014). En este sentido, el aprendizaje significativo rescata su importancia para las investigaciones actuales en educación, entendiendo que no es una acumulación de información o de actividades para ejercitar habilidades, sino ante todo un proceso de construcción y reconstrucción del conocimiento en colaboración con otros (Araya, 2014).

En el campo de la enseñanza de la química, se han realizado algunos trabajos enfocados a poner en práctica diversas estrategias para diversos ambientes de enseñanza; por ejemplo, en estudios con alumnos universitarios de ingenierías con dificultades en el aprendizaje de conceptos como disoluciones, densidad, soluto, concentración, se emplearon estrategias como trabajos de laboratorio próximos a la realidad de los estudiantes. Se observó un favorecimiento en el aprendizaje de estos conceptos (Landau *et al.*, 2014).

Otra estrategia didáctica estudiada es el uso de los seminarios experimentales, en los cuales se realizan experimentos sencillos y atractivos, con el fin de lograr el aprendizaje significativo de conceptos en química orgánica, especialmente los conceptos de grupos funcionales, propiedades fisicoquímicas y síntesis. Las evaluaciones establecieron una mejoría en el aprendizaje, en comparación con otros cursos similares anteriores que no emplearon esta estrategia (Lavaggi et ál, 2015).

Los trabajos anteriores muestran la importancia de la estructura cognitiva, la cual debe ser observada constantemente y manipulada correctamente, para integrar en ella elementos o conceptos nuevos y promover la interrelación entre ellos, para lo cual se crean procesos de organización secuencial, con el ánimo de identificar los conceptos esenciales y luego, mediante un trabajo progresivo e integrador, lograr una significancia (Silva, 2011).

Críticas a la teoría del aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje significativo ha sido cuestionada por diversos autores. Se destaca Galagovsky (2004), quien propone un nuevo modelo, denominado *aprendizaje cognitivo consciente sustentable*, el cual acepta que los sujetos relacionan la nueva información con aquella que ya posee, pero hace claridad sobre la diferencia entre información y conocimiento, diferencias circunscrita a lo que cada sujeto guarda en su mente. Según esto, la información al integrarse en su estructura cognitiva se convierte en un aprendizaje sustentable; por el contrario, si la información no logra vincularse con éxito a la estructura cognitiva, se produce un aprendizaje aislado mediante un mecanismo memorístico y puede olvidarse parcial o totalmente. En su trabajo cuestiona el papel del profesor, quien en el aprendizaje significativo debe proponer un discurso bien organizado para evitar el aburrimiento de sus estudiantes; sin embargo, no es claro quién decide o cómo se entiende un discurso organizado, por tanto Galagovsky lo considera reduccionista.

Igualmente, se ha criticado el hecho de confundir el concepto aprendizaje significativo con contenido significativo o motivante para el estudiante; el aprendizaje significativo es mucho más que motivacional. Se cuestiona la correlación entre aprendizaje significativo y aprendizaje correcto, la equiparación entre aprendizaje significativo y contenido potencialmente significativo o incluso material lógicamente significativo (Galagovsky, 2004; Silva, 2011).

Los aspectos antes mencionados dificultan el desarrollo de un currículo centrado en el aprendizaje significativo, aun cuando existen trabajos de investigación en los cuales se ha intentado desarrollar progresiones de aprendizaje significativo, como estrategia para generar marcos curriculares coherentes enfocados en obtener buenos resultados en las pruebas internacionales sobre conocimientos científicos y tecnológicos, en los que estudiantes de educación secundaria logran construir

conocimientos más sofisticados sobre la estructura, las propiedades y el comportamiento de la materia, resolviendo problemas (Stevens *et al.*, 2013).

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y SUS IMPLICACIONES EN EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA

Basados en los modelos constructivistas, diversos autores han trabajado en estrategias didácticas con la finalidad de favorecer el aprendizaje, entre las que se destaca la resolución de problemas. Según Dumas y Carre (1987, citado en Perales, 1993), en un intento por definir esta estrategia, en la vida ordinaria se resuelve un problema para obtener un resultado, mientras en el contexto escolar el resultado importa poco puesto que a menudo es conocido. Proponer una definición concreta es difícil debido a que el modelo reúne diversas actividades y elementos de los cuales existen diversos puntos de vista. Por tanto, la mejor forma de explicar en qué consiste la resolución de problemas es analizando cada una de sus partes, es decir, definir qué es problema y luego hablar de su solución.

¿Cómo se define problema?

Un *problema* puede ser definido desde diversos puntos de vista; por ejemplo, según su grado de dificultad, una situación se podría considerar como problema cuando corresponda a una situación estimulante para el estudiante y no tenga respuesta. Esto implica que la situación no es familiar para él, pero es novedosa y genera tensión en el pensamiento productivo del individuo impulsando la búsqueda de nuevo conocimiento (García, 2003). Según Krulik y Rudnik (1980, citados en D. Gil *et al.*, 1988), un problema es una situación cuantitativa o cualitativa, que pide una solución, para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla.

Desde la psicología cognitiva, diversos autores han propuesto algunas definiciones. Por ejemplo, H. A. Simon (1978, citado en M. Varela, 2002) afirma que “Una persona se enfrenta a un problema cuando acepta una tarea pero no sabe de antemano cómo realizarla. Aceptar una tarea implica poseer algún criterio que pueda aplicarse para determinar cuándo se ha terminado la tarea con éxito” (p. 15).

Desde la didáctica de las ciencias se destaca la definición propuesta por García, según la cual

Un problema es una situación que presenta una oportunidad de poner en juego esquemas de conocimiento, que exige una solución que aún no se tiene y en la cual se deben hallar interrelaciones expresas y tácitas entre un grupo de factores o variables, búsqueda que implica la reflexión

cualitativa, el cuestionamiento de las ideas propias, la construcción de nuevas relaciones, esquemas y modelos mentales. (2003, p. 52).

Para otros investigadores de la didáctica, parece ser preferible una definición con un enfoque investigativo en la que el problema no cuente con una solución evidente; por ende, requiere desarrollar un proceso de investigación. Por otra parte, la concepción de problema por los estudiantes puede ser diferente e inclusive pueden confundirlo con las tareas propias del contexto escolar.

Independientemente de la postura asumida, es claro que un problema cuenta con variables, por tanto, con un relativo nivel de incertidumbre, por lo cual requiere ser solucionado mediante la aplicación del conocimiento establecido en la estructura cognitiva de cada individuo. Este puede generar reacomodamientos, reestructuración y asimilación de conceptos al intentar solucionarlo.

¿Cómo se soluciona un problema?

Intentar plantear soluciones a un problema haciendo uso de las variables que lo constituyen permite aproximarse a la definición de resolución de problemas. En este sentido, al aceptar que un problema es una situación en la cual se requiere un tratamiento distinto a la aplicación rutinaria de fórmulas, surge como aspecto importante para el análisis de las variables la capacidad de identificar y comprobar hipótesis que conduzcan a su solución, gracias al razonamiento autónomo que permite deliberar acerca del problema (García, 2003).

Es relevante entender e identificar la forma como se resuelve un problema para usarlo como elemento dentro de una estrategia de enseñanza. Para ello, debe definirse en sí mismo gracias a las etapas que comprende su solución, y no por la complejidad que presente para la persona que afronta la situación. Por esta razón, un problema será una “situación cuya solución requiere que el sujeto analice unos hechos y desarrolle razonablemente una estrategia que le permita obtener unos datos, procesarlos (relacionarlos entre sí y con los hechos), interpretarlos y llegar a una conclusión” (Sigüenza y Sáez, 1990, p. 225).

Respecto a la pregunta acerca de qué es resolver problemas, algunos autores consideran que se trata del proceso mediante el cual una situación incierta es clarificada. Esto implica en mayor o menor medida la aplicación de conocimientos y procedimientos por parte del solucionador, así como la reorganización de la información almacenada en la estructura cognitiva, es decir, un aprendizaje (Ashmore *et al.*, 1979; Gagné, 1995 y Novak, 1977, citados por Perales, 1993).

Por su parte, la palabra *resolución* se ha utilizado para definir actividades encaminadas a generar una respuesta a un problema planteado desde la lectura misma del enunciado. Autores como Dumas y Carré (1987, citados en Perales,

1993) afirman que durante la resolución de un problema puede establecerse una distinción entre el tratamiento lógico matemático y la propia actividad de resolución, analizada en términos de encadenamiento de procesos y la solución o respuesta.

Autores como Cañal y Porlan (1987), Campanario y Moya (1999), Perales (1993) y Pozo *et al.* (1994) conciben la resolución de problemas como una estrategia didáctica basada en las concepciones constructivistas, y han llegado a una conclusión, desde la implicación investigativa, de que más que una propuesta de trabajo y experimentación, debe ser asumida como un campo de investigación profunda.

Bich (1996, citado en Campanario y Moya, 1999) afirma que entre los diversos aspectos del aprendizaje al emplear problemas, que todavía no son bien comprendidos, se puede lograr constructos organizados y coherentes relacionados con factores personales propios del alumno. Como se puede ver, se involucran las individualidades como factor importante para resolver un problema.

Algunos investigadores asumen la resolución de problemas como un proceso que reproduce procedimientos de la investigación científica, promoviendo las aplicaciones prácticas y la transferencia de los conocimientos a lo cotidiano (Gil y Martínez, 1983; D. Gil *et al.*, 1999). Por tanto, el éxito de la resolución de problemas depende de distintas variables que afectan la solución del problema, al estudiante, al profesor y al contexto de la resolución (Perales y Cañal, 2000).

Desde el punto de vista histórico-psicológico, es posible considerar los aportes desde el paradigma asociacionista y desde la psicología de la Gestalt en el origen de la resolución de problemas, y por tanto en su definición. En el paradigma asociacionista, esta se define como un tratamiento para dar solución a un problema, en el cual se enfatiza en las conductas del ensayo y error, así como en los hábitos y las cadenas de asociación. Algunos investigadores lo consideran superficial y confuso sin avances significativos para ser aceptado como un camino para resolver problemas (M. Varela, 2002). Desde la psicología de Gestalt, la resolución de problemas no se limita a la utilización mecánica de experiencias anteriores, circunscritas al ensayo-error; por el contrario, supone la génesis de algo nuevo no mimético (pensamiento productivo). Por tanto, implica realizar una comprensión estructural del problema, relacionar todos los aspectos que influyen en su solución y reorganizar elementos propios de la situación planteada como problema (M. Varela, 2002).

Tipos de problemas

En el ámbito de la didáctica de las ciencias, la resolución de problemas circunscrita al contexto escolar ha requerido un trabajo importante para proponer una clasificación de problemas de acuerdo con sus características, lo cual ha permitido afinar

la metodología para resolver los que realmente impliquen un reto cognitivo y no se circunscriban a la aplicación netamente algorítmica. Dependiendo del objetivo, el ámbito de aplicación y la forma de solucionarlos, estos podrían clasificarse de diversas formas. Por ejemplo, Frazer (1982, citado en Sigüenza y Sáez, 1990) los divide en artificiales y reales. Los primeros se caracterizan porque la solución es conocida por la persona que lo plantea. Dependiendo de la forma como se solucione, se puede subdividir en:

- Problema cerrado: es aquel que tiene una única solución.
- Problema abierto: es el que cuenta con un número variable de soluciones.
- Los problemas reales se caracterizan porque no se conoce la solución, e inclusive se acepta la posibilidad de no lograr resolverlos. Se dividen en:
 - Con objetivo dirigido: cuando se plantea para resolver algún aspecto particular de interés científico, social o tecnológico.
 - Sin objetivo: en este caso no se plantea un objetivo definido.

D. Gil y Martínez (1983, citados en García, 2003) clasifican los problemas en las siguientes categorías:

- Ejercicios de reconocimiento: son ejercicios y, por tanto, no son verdaderos problemas y se utilizan para que el estudiante desarrolle la capacidad de representar datos y acontecimientos presentados en un contexto abierto, de forma cualitativa o cuantitativa.
- Ejercicios algorítmicos: no son verdaderos problemas y se presentan al estudiante con el fin promover la mecanización de procedimientos y patrones de resolución para problemas numéricos.
- Problemas de aplicación: son situaciones que se pueden resolver con los conocimientos ya elaborados por el alumno; implican la utilización de su capacidad de transferencia de los conocimientos asimilados a situaciones nuevas.
- Problemas de búsqueda: son considerados como verdaderos problemas, en los cuales existe la posibilidad de no ser resueltos con el conocimiento que posee el individuo, aun cuando requieren de su utilización; su objetivo es la construcción de conocimiento por parte del alumno.
- Situaciones problemáticas: son situaciones donde se plantean dificultades intelectuales que provocan preguntas y la necesidad de dar respuesta a ellas. Se caracterizan por la necesidad de interpretar situaciones reales, creando, modificando y adaptando modelos para seleccionar, organizar e interpretar la información a partir de la situación para llegar a la resolución del problema.

La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias

Se han desarrollado sendos trabajos de investigación en este campo, lo cual muestra la importancia de esta estrategia didáctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje. D. Gil *et al.* (1988) señalan su estatus complejo en la enseñanza de las ciencias naturales, particularmente en física y química, al considerar la resolución de problemas como un elemento esencial en la evaluación y como medio de aprendizaje; se recomienda una aplicación cuidadosa para evitar el tratamiento puramente operativo, mediante el cual difícilmente se puede llegar a un aprendizaje significativo. La resolución de problemas aplicada como actividad de investigación en forma coherente, organizada y con un objetivo claro puede integrar conceptos nuevos y ser muy útil en cualquier proceso académico.

Al iniciar el siglo XXI las investigaciones realizadas en torno a la resolución de problemas se enfocan en varios temas de interés. Uno de ellos es determinar su importancia como actividad cognitiva en la vida profesional, pero se cuestiona lo poco que se enseña a resolver problemas en la educación formal debido al escaso conocimiento sobre el tema. Por tanto, es necesario conocer las diferentes clases de problemas (lógicos, algorítmicos, de toma de decisiones, diagnóstico, metaproblemas y de desempeño estratégico, entre otros) y su naturaleza. Así será posible la construcción de un espacio donde se represente claramente las características del problema para dar la solución más adecuada (Jonassen, 2000).

Otro tema de interés se enfoca en resaltar su papel en el mejoramiento de la calidad del trabajo docente. Usar la resolución de problemas como estrategia promueve el trabajo tanto independiente como colectivo de los estudiantes. Se resaltado su carácter organizado, dirigido y controlado del modelo. Inicialmente se plantea un problema, se comprende, se propone un plan de solución; luego se ejecuta y se verifica el procedimiento y por último se comprueban los resultados. Esta metodología permite generar el interés de los estudiantes, con una mejora significativa en el rendimiento académico (García y Villalonga, 2006).

En el campo de la experimentación en el laboratorio, los estudiantes de ciencias se han encontrado con dificultades a la hora de realizar prácticas de laboratorio, debido, entre otras razones, a la falta de desarrollo de habilidades de experimentación. Sin embargo, la aplicación de la resolución de problemas como medio para mejorar dichas habilidades ha demostrado sus ventajas. García y Rentería (2011) mencionan que al utilizar la resolución de problemas prácticos contextualizados en un grupo de estudiantes de undécimo grado, se observó una mejoría en las habilidades de experimentación, comparados con los estudiantes de un grupo control, quienes utilizaron problemas sin contextualizar, cerrados y cuya solución se soporta en el uso de algoritmos.

En la enseñanza de la física, se ha demostrado la persistencia de conceptos erróneos al finalizar los cursos, pero al emplear la resolución de problemas se encuentra un efecto positivo en el aprendizaje de conceptos. Al parecer la metodología permite una mayor interacción entre el estudiante y el profesor, la indagación y el trabajo colectivo, lo cual favorece los resultados finales (Gok, 2014).

En el campo de la formación de profesores de ciencias, la resolución de problemas ha permitido involucrar diversos aspectos, aparentemente diferentes, relacionados entre la disciplina específica y la didáctica, emergiendo como aspecto vinculante de los procedimientos propios de la disciplina y al mismo tiempo como recurso didáctico que influye en el hacer profesional. Sobre este aspecto, Guirado *et al.* (2013) recopilaron opiniones en relación con la resolución de problemas. Para este fin, trabajaron con estudiantes en formación inicial como profesores del área de química y física adscritos a la Universidad Nacional de San Juan (Argentina). Encontraron que en general el concepto de problema se restringe a situaciones que no constituyen un verdadero desafío y que los estudiantes solo resuelven problemas de lápiz y papel, valoran el proceso desde el esfuerzo por la dificultad para dar una solución, intentan repetir los procedimientos expuestos por el profesor y realizan una verificación sencilla de la adecuación de las respuestas a ciertos resultados cuantitativos. Con estos resultados, concluyen que el concepto de problema y los objetivos educativos están bastante alejados de lo propuesto por el modelo de resolución de problemas.

Los trabajos antes mencionados muestran la importancia de la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias, modelo que ha contado con grandes dificultades en su aplicación especialmente por la falta de la correcta comprensión de sus características y objetivos. Esto restringe a los estudiantes al uso repetido de pasos que impiden la comprensión de fenómenos químicos, físicos o científicos en general. Como consecuencia, no se fomenta el conflicto cognitivo, y para muchos profesores esta no es una cuestión importante en clase. Esta problemática genera limitaciones en las respuestas dadas por los estudiantes, las cuales se soportan solamente en ecuaciones y fórmulas, sin lograr una comprensión de los fenómenos (Coronel y Curotto, 2008). Frente a las dificultades mencionadas, Coronel y Curotto (2008) identifican la necesidad de realizar un cambio en las actividades de clase y en la concepción de enseñar del profesor, quien debe ofrecer alternativas para propiciar elementos y proponer herramientas para el desarrollo de estrategias de aprendizaje y elementos metacognitivos que ayuden a aprender ciencias.

La resolución de problemas ha permitido cambiar la concepción de la química como ciencia aproblemática y descontextualizada, mediante la generación de diversas actividades y herramientas que ayudan a la construcción del conocimiento y al fortalecimiento de habilidades como el pensamiento hipotético-deductivo, lo cual acerca el aprendizaje a la actividad propia de hacer ciencia. Por tal razón, el

problema planteado dentro del modelo debe permitir el proceso de indagación, investigación y comprobación de hipótesis, apartando el aprendizaje de la química de la simple revisión bibliográfica y utilización de operaciones algorítmicas, propias de los modelos de enseñanza de las ciencias memorísticas (Martínez e Ibáñez, 2006; Polanco, 2011).

En este sentido, dentro del contexto de la resolución de problemas, el papel del profesor de ciencias cambia drásticamente, ya que el aprendizaje de los estudiantes no puede ser medido solo por la solución del problema; por el contrario, debe promover y tener en cuenta los diferentes pasos que sigue el estudiante para resolverlo; debe ayudar, mediante el aporte de hechos e información, a promover el desarrollo de habilidades para que el estudiante procese la información en función de la construcción de su conocimiento (Mukhopadhyay, 2013).

Algunas investigaciones han determinado que, desde el punto de vista del estudiante, la resolución de problemas permite el cambio a actitudes hacia unas más positivas, críticas y motivadoras al momento de aprender química, especialmente cuando se utilizan problemas abiertos que involucran experimentación, al punto que los estudiantes demuestran mejor actitud para el autoaprendizaje (Berg *et al.*, 2003; Gallet, 1998; Martínez e Ibáñez, 2006). Una investigación realizada por Günter y Alpat (2017) en la que se aplica el modelo de aprendizaje basado en problemas muestra que los estudiantes logran una mayor comprensión de la temática de electroquímica cuando trabajan con problemas de preguntas abiertas, lo cual evidencia las bondades del modelo de resolución de problemas.

Otro impacto de este modelo en la enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular puede verse reflejado en el uso de situaciones cotidianas integradoras de conocimientos interdisciplinarios, aspecto que lleva a repensar el currículo y basarlo en objetivos de aprendizaje contextualizados, motivadores y centrados en el estudiante, fomentando el trabajo en grupos, la autoevaluación y la coevaluación. La aplicación de este modelo permite el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje, pensamiento crítico y metacognición (Busquets *et al.*, 2016).

Una de las grandes críticas al modelo utilizado en la enseñanza de las ciencias aplicadas como la química es la dificultad operativa debido a la gran demanda de tiempo y dedicación por parte de los profesores y estudiantes, la resistencia a la innovación y la poca disponibilidad de espacios y recursos, y en el planteamiento mismo del problema, el cual debe constituir un desafío para el estudiante (Busquets *et al.*, 2016; Guirado *et al.*, 2013).

Por otro lado, se han identificado dificultades en los estudiantes de química cuando se enfrentan a la resolución de problemas, especialmente por falta de conocimiento en la materia específica y la presencia de conceptos erróneos o alternativos, enfoques y estrategias deficientes para resolver problemas enfocados en el uso

de algoritmos previamente memorizados sin entender si es o no el más adecuado. Algunos autores han atribuido estas problemáticas a la falta de motivación por abordar conceptualmente el problema o a la sobrecarga cognitiva, lo cual genera la tendencia de los estudiantes a utilizar la memorización de conceptos y el uso indiscriminado de algoritmos (Yuriev *et al.*, 2017)

Como se observa, la resolución de problemas es un factor de interés investigativo actual. En Colombia, algunos grupos de investigación presentan avances y nuevas propuestas investigativas al respecto. En ellas se han revisado la naturaleza y la coherencia de la metodología desde la perspectiva de la investigación, ratificándose el carácter dinámico, sistémico y flexible del modelo. Esto posibilita investigaciones organizadas en fases de planeación, diseño de actividades, experimentación y evaluación (Ramírez, 2013).

Los antecedentes antes mencionados evidencian el interés por evaluar diferentes variables que pueden estar vinculadas con la resolución de problemas. Sin embargo, es claro que no se encuentran investigaciones que intenten identificar los factores que influyen en el aprendizaje de conceptos al utilizar este modelo enmarcado en el paradigma del aprendizaje significativo. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente documento presentará los resultados de una investigación aplicada, con el fin de aportar al estudio de la relación entre aprendizaje significativo de conceptos químicos y la resolución de problemas en el área de bioquímica, utilizando problemas contextualizados como lo proponen García y Rentería (2011). Se incluyen también los estilos de aprendizaje basados en el modelo de Honey y Mumford (1986) y ampliado por Alonso (1992), como un factor a considerar dentro de la caracterización individual de los estudiantes, lo que permite proponer argumentos para responder a la siguiente pregunta: ¿por qué no todos los estudiantes logran el mismo nivel de aprendizaje significativo cuando se trabaja en un modelo constructivista como la resolución de problemas?

REFLEXIÓN FINAL

Como se observa en esta revisión conceptual, en la actualidad los tres ejes de este trabajo doctoral (estilos de aprendizaje, aprendizaje significativo y resolución de problemas) son relevantes para la investigación. Existe el interés de identificar y entender las razones por las cuales un individuo aprende, incluyendo las dimensiones que afectan dicho aprendizaje, por tanto, las formas estratégicas para mejorar los desempeños académicos. Con dicho objetivo, se han propuesto actividades de resolución de problemas como vía para lograr un aprendizaje significativo. En estos intentos, se reconocen algunos logros importantes que han cambiado el viejo aprendizaje memorístico por un aprendizaje más estructurado, en el sentido de

que integra ideas nuevas en una estructura cognitiva jerárquica incluyendo relaciones entre varias ideas.

La revisión adelantada también sugiere que los investigadores continúan interesados en evaluar los factores que pueden afectar el proceso de aprendizaje. Es el caso de las características individuales como aspecto orientador de las estrategias, las preferencias por ciertas actividades en el aula e inclusive la relación con el profesor. Los estudios en el campo de los estilos de aprendizaje provenientes de la psicología se han convertido en una herramienta para identificar algunas individualidades con el propósito de planear actividades facilitadoras del aprendizaje en el ámbito escolar.

Como es normal, estos tres ejes han recibido críticas respecto a su concepción, operatividad y pertinencia, lo cual, como ya se analizó, ha llevado a una evolución, en la cual se plantean aportes encaminados a mejorar la actividad de enseñanza-aprendizaje y se proponen nuevos interrogantes como base para otras investigaciones. En este escenario, este trabajo pretende contribuir al estudio de estos ejes y considera que los estilos de aprendizaje se consolidan como un factor importante para proponer respuestas frente a las dificultades que tienen los estudiantes en el aprendizaje de conceptos químicos.

Por otra parte, es posible suponer que el aprendizaje significativo está influenciado por las características individuales de quien aprende y que el modelo de resolución de problemas permite identificar las probables relaciones existentes entre estas tres variables. En consecuencia, la característica tridimensional de la propuesta plasmada en esta obra aporta en la búsqueda de vías para mejorar tanto el aprendizaje de conceptos químicos por parte de los estudiantes, como la acción de enseñanza del profesor, elementos que en la enseñanza de la química no parecen haber sido estudiados de manera simultánea.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

METODOLOGÍA

El problema de investigación planteado pretende integrar tres dimensiones que afectan los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química, en particular sobre los conceptos bioquímicos asociados a las proteínas, los glúcidos y los lípidos. Esta obra pretende poner a consideración los resultados de investigación enfocados en evaluar la influencia de la resolución de problemas en el aprendizaje significativo de los conceptos antes mencionados, en función de los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

Como la propuesta se soporta en el paradigma constructivista, es lógico analizar la evolución del aprendizaje en relación con las actividades desarrolladas. Por ello, se fundamenta en un modelo de investigación mixto: en la recolección de datos se incluyen instrumentos y actividades que permiten generar datos cualitativos y cuantitativos, los cuales se analizan utilizando herramientas estadísticas.

Un trabajo de investigación se construye sobre una serie de actividades bien elaboradas como procedimientos, objetivos, hipótesis, instrumentos, entre otros, sobre los cuales se proponen diferentes metodologías investigativas. Algunos autores consideran que la metodología de investigar se caracteriza por:

- Atender problemas que surgen de la teoría o la bibliografía.
- Indagar sobre una muestra representativa seleccionada estadísticamente.
- Utilizar instrumentos válidos y fiables.

- Emplear herramientas estadísticas como apoyo en el análisis de resultados (Ruiz, 2004).

Basados en estas características, la presente investigación incluye una selección de los factores por investigar, el análisis de los efectos que se producen al manipular los factores y la identificación de las posibles relaciones existentes entre factores, por lo que es posible plantear el diseño de investigación más apropiado. Se emplea un diseño preexperimental pretest-posttest, sin grupo control.

En el diseño preexperimental no es posible controlar todos los factores que intervienen en un problema de investigación; solamente se seleccionan algunos de ellos y se determina el efecto logrado sobre un factor dependiente. Sus principales características son:

- Se usan escenarios naturales, con variables independientes no manipuladas y una intervención mínima del investigador.
- Se carece de control experimental total.
- Se utiliza en contextos sociales en los que se intenta respetar las estructuras y relaciones de los escenarios de la investigación, así como las consecuencias éticas derivadas de la participación o no en los procesos de investigación (Ruiz, 2004).

Según Colas y Buendía (1992, citados en Ruiz, 2004), las principales características de una metodología preexperimental correlacional utilizada en esta investigación son:

- Se trabaja en marcos naturales establecidos y en funcionamiento.
- No existe manipulación previa de las variables con las que se trabaja.
- Se buscan correlaciones que permitan corroborar o controvertir teorías.
- Se intentan hallar explicaciones mediante el estudio de las relaciones entre las variables.

De esta manera, para dar respuesta al problema planteado, se requirió un diseño metodológico que permitiera identificar con mayor profundidad el uso y la formación de relaciones entre conceptos nuevos, articulados coherentemente con los conceptos preexistentes de los estudiantes.

Para ejecutar la metodología propuesta, se plantearon tres etapas sistemáticas, en las que se aplicaron los instrumentos correspondientes y se recolectaron los datos.

1. Identificar las características generales de la población, en particular sus estilos de aprendizaje y sus conceptos iniciales sobre los tópicos de proteínas, glúcidos y lípidos.

2. Aplicar la estrategia didáctica de la resolución de problemas.
3. Aplicar una evaluación final que permita dar cuenta de la construcción de conceptos químicos, y comparar los resultados con los datos obtenidos antes de la aplicación de la estrategia.

Cada etapa responde a una serie de prioridades o criterios.

IDENTIFICACIÓN DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE Y DE LOS CONCEPTOS INICIALES

En esta primera etapa de investigación se desarrollaron dos objetivos principales: primero, identificar algunas características particulares de los estudiantes en función de los estilos de aprendizaje propuestos por Honey y Mumford (1986), por lo cual se utilizó el Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje (CHAEA); segundo, identificar los conceptos iniciales de los estudiantes en torno a los temas de proteínas, lípidos y glúcidos, mediante un pretest constituido por la construcción de un mapa conceptual (véase anexo 1), sobre la base de 21 conceptos relacionados con los temas propuestos.

APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

En función de los resultados obtenidos en la primera etapa, se diseñaron una serie de actividades basadas en la resolución de problemas (véase anexo 2), las cuales cuentan con las siguientes características:

1. Planteamiento de un problema general integrador que abarca todos los temas propuestos, con la suficiente capacidad para estructurar las actividades de aula en torno a él. El tema general propuesto se refiere a desórdenes alimentarios actuales como el sobrepeso y su relación con la alimentación. El problema no tendrá una solución, pero permite hacer uso de los conceptos asociados a las proteínas, los glúcidos y los lípidos para entenderlo y proponer soluciones.
2. Planteamiento de problemas específicos en proteínas, lípidos y glúcidos, derivados del problema integrador. Estos son menos complejos e independientes entre sí, pero aportan a la solución del problema integrador.

Los modelos, los hechos, los conceptos, los principios y las hipótesis se construyen mediante diversas actividades acordadas con los estudiantes. A continuación se describe el proceso:

1. En la primera semana del semestre académico y luego de la aplicación del cuestionario CHAEA y la elaboración del mapa conceptual inicial (pretest), se presentó el problema integrador y el primer problema específico con algunas lecturas recomendadas (*véase* anexo 2).
2. Posteriormente, los estudiantes, con la orientación del profesor, propusieron actividades con el fin de llegar a la solución del problema. Se llegó al consenso de realizar las siguientes:
 - **Clases magistrales:** enmarcadas en el modelo de resolución de problemas, tienen como objetivo aclarar las inquietudes surgidas luego de la indagación en fuentes bibliográficas, por lo que la clase magistral opera como consulta a un experto.
 - **Trabajos de laboratorio:** enfocados en cuantificar proteínas, lípidos y glúcidos, así como en determinar la actividad enzimática y la extracción de proteínas en algunos alimentos para relacionarlos con los problemas alimentarios.
 - **Foros virtuales:** su objetivo es propiciar las condiciones para debatir temas específicos alrededor de la salud, las proteínas, los lípidos y los glúcidos, e incentivar el intercambio de conocimientos, la aclaración de dudas conceptuales y la construcción de conceptos gracias al trabajo grupal.
 - **Elaboración de mapas conceptuales:** atendiendo la recomendación del modelo de resolución de problemas frente a la evaluación continua, se decidió elaborar un mapa conceptual al terminar cada tema y otro general al finalizar las actividades, el cual sirve como postest, elemento útil para determinar el nivel de aprendizaje significativo logrado por cada estudiante.
3. Se recolectaron, tabularon, sistematizaron y analizaron los datos obtenidos, incluyendo las observaciones realizadas por los estudiantes en cada temática.

Con estas actividades enmarcadas en el modelo de resolución de problemas, se buscó promover la construcción de conceptos basados en problemáticas actuales y de interés para la sociedad, con una alta relación con los temas químicos propuestos.

EVALUACIÓN DEL PROCESO

Si bien existió evaluación continua en el desarrollo de las actividades, el punto central de esta fase fue verificar el aprendizaje significativo logrado por los estudiantes. Para ello, se realizaron las siguientes actividades:

1. Determinar el nivel de aprendizaje significativo logrado por el grupo de estudiantes, mediante el análisis de los mapas conceptuales pretest y posttest, incluyendo aspectos estructurales, conceptuales y la elaboración de proposiciones válidas. Igualmente se realizó una evaluación cuantitativa usando una matriz evaluativa, mediante la comparación entre los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes y un mapa conceptual esperado, elaborado por el profesor (véase anexo 1).
2. Emplear paquetes estadísticos como SPSS y ATLAS.ti para analizar los datos cualitativos y cuantitativos, los cuales soportan las conclusiones y proyecciones de la investigación.

Con el propósito de facilitar la evaluación de los mapas conceptuales pretest y posttest, los conceptos utilizados para su elaboración fueron los mismos (véase anexo 1).

Por otra parte, es importante recordar que el aprendizaje significativo presenta como diferencia del aprendizaje memorístico su resistencia al olvido, de tal forma que cualquier valoración realizada, debe incluir esta condición. Diferentes autores (Novak, 1987; Novak y Gowin, 1984; Rey, 2008) proponen tiempos entre 15 y 60 días para que se produzca un posible olvido de lo aprendido, por lo que la aplicación del mapa conceptual posttest se realizó teniendo en cuenta esta recomendación.

En la figura 2.1 se presenta un diagrama que resume la estrategia didáctica desarrollada en el aula.

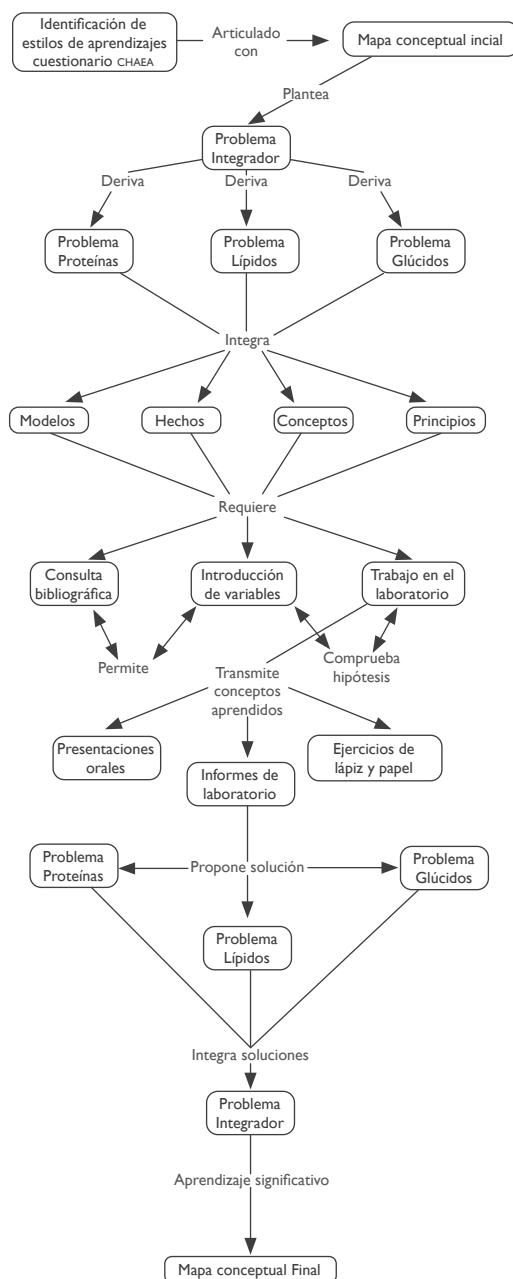


Figura 2.1. *Propuesta metodológica*

Fuente: elaboración propia.

Caracterización de la población

La Universidad Pedagógica Nacional es el escenario donde se llevó a cabo la investigación. Su carácter público y su misión como formadora de profesores hacen que sea el ambiente propicio para realizar las reflexiones en torno a la pregunta problema. En la Universidad, la Facultad de Ciencia y Tecnología tiene el objetivo de formar profesores en las áreas de física, biología, química, matemáticas y tecnología. Cada área corresponde a un departamento, con estructura administrativa y cuerpo docente propio.

La población objeto de estudio estuvo conformada por 102 estudiantes del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, registrados en el ciclo de profundización. La conformaron 76 mujeres y 26 hombres, con edades entre 20 y 24 años.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Sin duda alguna, uno de los elementos más importantes del trabajo de investigación es la recolección de datos, por lo que los instrumentos utilizados se convierten en pieza fundamental. Se establecieron algunos criterios básicos para su selección y diseño:

- Instrumentos contrastados que ofrezcan confiabilidad
- Instrumentos diseñados sobre una base conceptual acorde a las necesidades de seguimiento y valoración definidas en los objetivos investigativos
- Instrumentos utilizados en experiencias con características similares a la presente investigación.

Bajo estos criterios, se seleccionaron los instrumentos que se describen a continuación.

Cuestionario CHAEA para identificar estilos de aprendizaje

La teoría de asimilación del aprendizaje de Ausubel, retomada por Honey y Mumford, es el modelo utilizado en la presente investigación, por tanto, para identificar los estilos de aprendizaje se utilizó el cuestionario CHAEA, el cual fue desarrollado en la Universidad Complutense de Madrid por Catalina Alonso y Peter Honey. Este instrumento consta de 80 preguntas tipo Likert con dos opciones de respuesta (De acuerdo o Desacuerdo), donde se indaga aspectos particulares de la forma como aprenden los estudiantes, y permite tipificar a los estudiantes en alguno de los cuatro estilos de aprendizaje propuestos por el modelo, mediante un baremo en puntuaciones centiles.

La fiabilidad del instrumento ha sido medida empíricamente mediante el uso del estadístico alfa Cronbach, el cual permite identificar la consistencia interna de una escala. Esta consistencia ha sido medida en un sin número de trabajos de investigación. Es el caso del realizado por Alonso (1992), quien determinó que el estilo reflexivo presenta la fiabilidad más alta con un alfa de Cronbach de 0,6272, y el estilo pragmático la más baja para con un alfa de Cronbach de 0,5854, por lo que estadísticamente el cuestionario CHAEA cuenta con una buena confiabilidad para ser utilizado.

La validez del instrumento también ha sido estudiada mediante análisis de contenido, análisis de ítems, análisis factorial de las 80 preguntas, análisis factorial de las 20 preguntas que caracterizan cada estilo de aprendizaje, entre otros (Alonso, 1992).

Así mismo, en diversos estudios realizados con el objetivo de validar el cuestionario CHAEA, se ha encontrado que al calcular el coeficiente de Kuder-Richardson se obtienen valores que fluctúan entre 0,78 para el estilo teórico y 0,83 para el activo. Por otro lado, al calcular los intervalos de correlaciones ítem-test corregidos se logran valores superiores a 0,20, lo cual supera el criterio de aceptación de Kline.

Los hallazgos anteriores corroboran el requisito de puntajes confiables para la medida psicométrica de la teoría clásica de los test (TCT). Por otro lado, el coeficiente de ajuste Chi- cuadrado con un valor de 2,83 muestra que el modelo es adecuado para identificar los estilos de aprendizaje. Estos criterios de validación y sus resultados fueron obtenidos en un estudio que incluyó 830 estudiantes universitarios de Lima (Escurra, 2011).

Por su parte, Juárez *et al.* (2012), en un estudio realizado con 794 estudiantes de una universidad pública del Estado de México, lograron determinar la confiabilidad del instrumento CHAEA en cuatro cohortes de estudiantes y compararon el alfa de Cronbach con el obtenido por Alonso *et al.* (1997). Los resultados se observan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. *Coeficiente de confiabilidad alfa de Cronbach*

Estilos de aprendizaje	Alonso (1997)	Cohorte 2012	Cohorte 2011	Cohorte 2010	Cohorte 2009
Activo	0,62	0,75	0,74	0,78	0,73
Reflexivo	0,72	0,71	0,77	0,78	0,77
Teórico	0,65	0,74	0,77	0,74	0,79
Pragmático	0,58	0,75	0,73	0,77	0,74

Fuente: Juárez *et al.* (2012, p. 155).

Otro estudio, realizado con 666 estudiantes de la Universidad Autónoma de Nuevo León, demostró la fiabilidad del instrumento mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con valores entre 0,50 para el estilo pragmático y 0,60 para el reflexivo y activo, resultado con el que se propone reducir el número de ítems en el instrumento para mejorar su fiabilidad (Ríos y Maldonado, 2017).

En Colombia se han hecho algunos estudios de validez del instrumento CHAEA. Se resalta el realizado con una población integrada por estudiantes de una institución educativa ubicada en el municipio de El Bagre (Antioquia). Los resultados muestran un valor de alfa de Cronbach igual a 0,8155, el cual es apropiado para asumir resultados confiables. Sin embargo, se recomienda ajustar nueve preguntas, las cuales presentan indicadores estadísticos que hacen suponer cierto grado de dificultad en el momento de emitir una respuesta, especialmente en poblaciones conformadas por adolescentes (M. Varela, 2014).

En la Universidad de Cartagena (Colombia) se validó el instrumento con una muestra de 60 estudiantes en modalidad de educación a distancia, con valores del coeficiente alfa de Cronbach entre 0,69 y 0,85, lo cual corrobora la fiabilidad del instrumento para identificar los estilos de aprendizaje. Este estudio hace referencia a Ventura (2012), y a Ortiz y Canto (2013), quienes reportan valores de alfa de Cronbach entre 0,60 y 0,70 en estudiantes argentinos y mexicanos, respectivamente (como se cita en E. Gómez *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriores frente a la validación del instrumento en ambientes de educación media y universitaria, aplicados en diversos países iberoamericanos incluyendo Colombia, y sobre la base que todos los resultados estadísticos psicométricos demuestran la suficiente fiabilidad del cuestionario CHAEA, la presente investigación acepta el instrumento como fiable para ser utilizado sin un previo análisis de validez con la población objeto de estudio.

Mapas conceptuales

Los mapas conceptuales son aceptados como una herramienta para evaluar el aprendizaje significativo gracias a su estructura jerárquica, la cual permite observar la inclusión de conceptos y sus relaciones en la estructura cognitiva de la persona que aprende. Por esta razón, se seleccionó esta herramienta para identificar las relaciones entre los conceptos asociados a proteínas, glúcidos y lípidos en este trabajo de investigación.

También se pretendió identificar la influencia de las actividades enmarcadas en la resolución de problemas, realizadas durante la intervención sobre el aprendizaje significativo de los conceptos asociados a proteínas, lípidos y glúcidos, mediante la identificación de nuevas relaciones entre las nuevas ideas y las que contaba el estudiante en su estructura cognitiva.

Se presupuso que actividades como lecturas de artículos, indagación a expertos (desarrollada en esta investigación como clase magistral), trabajo en el laboratorio y elaboración de informes complementan la asimilación de conceptos y la formación de proposiciones válidas, razón por la cual se realizó un análisis cualitativo-descriptivo, haciendo uso del paquete ATLAS.ti.

Con los datos obtenidos se analizaron las relaciones entre el aprendizaje significativo de los conceptos planteados y la resolución de problemas, así como la influencia de los estilos de aprendizaje.

CRITERIOS DE ANÁLISIS

Teniendo en cuenta la pregunta problema, el objetivo general y los específicos de la investigación, se establecieron tres factores principales que guiaron la investigación.

- Estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios del programa de Licenciatura en Química.
- Influencia de la estrategia didáctica de resolución de problemas en el aprendizaje significativo, en torno a los conceptos químicos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos.
- Efecto de los estilos de aprendizaje en la relación entre la resolución de problemas y el aprendizaje significativo.

Estos factores permitieron definir los criterios de análisis, que incluyen la forma de sistematizar, seleccionar la herramienta estadística y analizar los resultados.

Posteriormente, los estilos de aprendizaje se identificaron mediante el uso del baremo recomendado para interpretar los resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario CHAEA, lo cual permite ubicar a cada estudiante en su estilo de aprendizaje, gracias a las categorías que van de muy baja a muy alta preferencia. En la tabla 2.2 se presenta con mayor claridad los criterios de análisis para este factor.

Tabla 2.2. *Criterios de análisis para estilos de aprendizaje*

Dimensión	Categorías	Subindicador (preferencia)	Fuente de información
Estilos de aprendizaje	Activo	Muy alta	Análisis del baremo por estudiante
	Reflexivo	Alta	
	Pragmático	Moderada	
	Teórico	Baja	
		Muy baja	

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, las actividades realizadas durante la intervención se evaluaron mediante los criterios enumerados en las tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3. Criterios de análisis del aprendizaje significativo

Dimensión	Indicador	Subindicador	Pregunta o actividad	Fuente de información
Aprendizaje significativo	Aprendizaje proposicional subordinado	Número de relaciones de proposiciones nuevas con otras superiores preexistentes	Elaborar relaciones de los conceptos que considere importantes en cada una de las temáticas	- Informes de laboratorio - Presentaciones orales - Mapas conceptuales
		Número de relaciones de proposiciones nuevas con otras preexistentes subordinadas	Elaborar relaciones de los conceptos que considere importantes en cada una de las temáticas	- Informes de laboratorio - Presentaciones orales - Mapas conceptuales
	Aprendizaje proposicional combinatorio	Número de proposiciones nuevas que se enlazan con contenidos generales preexistentes	Elaborar relaciones cruzadas de los conceptos que considere importantes en cada una de las temáticas	- Informes de laboratorio - Presentaciones orales - Mapas conceptuales

Fuente: elaboración propia.

Los criterios definidos en la tabla 2.3 son visualizados claramente en los mapas conceptuales pretest y posttest. Por tanto, fue necesario establecer un sistema de puntuación para facilitar la evaluación, sin olvidar el análisis descriptivo.

Para la evaluación cualitativa, se comparó el mapa conceptual inicial (pretest) con el final (posttest) y se analizaron los conceptos utilizados, los conceptos nuevos que aparecen en el mapa conceptual final, el tipo de relaciones utilizadas, el contenido semántico y la estructura organizativa, entre otros aspectos (Rey, 2008).

La evaluación cuantitativa requiere un mayor detalle, por lo que se admitió dos metodologías: una valoración holística para evaluar la información que presenta el mapa conceptual en su conjunto y otra puntuación basada en los diferentes elementos que constituyen el mapa, mediante una combinación lineal de dichos elementos (Novak y Gowin, 1984; Dönmez y Ültay, 2016; A. Hernández *et al.*, 2016; Rey, 2008).

Esta investigación tomó como modelo el propuesto por Novak y Gowin (1984), quienes sugieren el uso de una tabla de puntos para los diferentes elementos del mapa. El recuento de los elementos presentes permite una suma ponderada y por tanto una calificación del mapa. En esta propuesta, cada relación cruzada cuenta con el mayor valor asignado de 10 puntos, los niveles jerárquicos se valoran con 5 puntos y cada proposición se valoró con 1. La puntuación total se obtiene por la sumatoria de todos ellos y se normaliza mediante la comparación con un mapa conceptual de referencia, que puede ser elaborado por el profesor, lo que facilita establecer una proporción.

La propuesta de Novak y Gowin, adaptada, validada y determinada su fiabilidad por Rey (2008), se adoptó en el presente trabajo, para efectos de la evaluación del pretest y posttest, por lo cual se definió una matriz evaluativa que consta de los siguientes aspectos:

- Número de conceptos propuestos utilizados (NCPU): hace referencia a los 21 conceptos entregados en el instrumento inicial (*véase* anexo 1), multiplicado por 2, que es un valor relativamente subjetivo de acuerdo con el grado de importancia dado a esta característica en el mapa conceptual.
- Número de conceptos propuestos válidos (NCPV): se refiere a la ubicación acertada en la estructura jerárquica, indicadora de un conocimiento aceptable por parte del estudiante. Por tal razón, el factor por el cual se multiplica es el más alto (4), lo que indica el grado de importancia.
- Valoración jerárquica (VJ): hace referencia indirectamente a la elaboración correcta del mapa conceptual, su estructura jerárquica, y el uso de conectores entre conceptos es indicador de ello; sin embargo, el valor por el cual se multiplica es 1 debido a que no es un parámetro tan crucial; depende de la experiencia que tiene el alumno en elaborar mapas conceptuales y no

necesariamente el nivel de conocimiento en el tema central sobre el cual versa el mapa. Para este caso, el valor máximo posible es 5.

- La verbalización del conocimiento es un fuerte indicador del conocimiento en algún tema. Esto se refleja en un mapa conceptual en la estructuración correcta de proposiciones, con conceptos relacionados mediante conectores. Esta condición hace que el número de proposiciones válidas (NPV) se multipliquen por 4, a fin de asignarles un peso importante en la valoración total.
- La complejidad de un mapa conceptual implica una mayor elaboración del conocimiento, y se ve reflejada en las relaciones cruzadas entre proposiciones. Así el número de relaciones cruzadas válidas ($NRCV$) se multiplican por 4 para asignarles una valoración alta en el puntaje total final.
- En las indicaciones dadas para la elaboración del mapa conceptual se da libertad para que el estudiante incluya otros conceptos diferentes a los propuestos, con el fin de determinar lo que sabe del tema. Si bien esta no es una característica menor, se asigna una importancia media. Por esta razón el número de conceptos nuevos válidos ($NCNV$) se multiplica por 2.
- Así como las proposiciones válidas y las relaciones cruzadas válidas son de gran importancia al valorar el mapa conceptual, el hecho de elaborar una proposición incorrecta es un indicativo de un conocimiento o aprendizaje erróneo, hecho que debe reflejarse en la valoración final. Así el número de proposiciones erradas (NPE) se multiplica por 4, pero se resta al puntaje total final.
- Puntaje total (PT): es la sumatoria de todos los valores anteriores, con lo que se consolida el resultado.
- Puntaje total referencia (PTR): es el valor obtenido por un mapa conceptual de referencia. Para efectos de esta investigación, se utiliza el elaborado por el profesor, como lo recomienda Novak y Gowin (1984) para normalización del valor asignado.
- Valoración (v): es la asignación numérica normalizada que se le asigna al mapa conceptual y puede tomar valores entre 0 y 10.
- Valoración asignada (VA): según rango, es el valor asignado que vincula la evaluación holística con otra parametrizada (Rey, 2008).

En el capítulo de resultados, se presenta la matriz evaluativa (*véase* tabla 3.27), la tabla de valoración holística (*véase* tabla 3.28) y la tabla de categorización de la valoración (v) a valor asignado (VA), así como una explicación más detallada del cálculo realizado (*véanse* tablas 3.27, 3.28 y 3.29).

A pesar de haber adoptado el trabajo de Rey (2008), se realizó un análisis de fiabilidad mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, para lo cual

se seleccionaron 10 mapas conceptuales, 9 elaborados por los estudiantes y el de referencia; se sometieron a evaluación por parte de seis expertos, quienes emitieron la valoración empleando la matriz propuesta.

Los expertos eran profesores de área de la química, un profesor de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, cinco de la Universidad de Costa Rica. Sus evaluaciones se analizaron mediante el paquete estadístico spss para obtener el coeficiente.

Por su parte, la resolución de problemas fue valorada desde cuatro indicadores:

- Análisis y síntesis de la información: este indicador permite evaluar la capacidad de búsqueda, organización y análisis preliminar de la información, a partir de un problema planteado.
- Procesamiento de la información: con este indicador se evalúa la capacidad de relacionar conceptos y contenidos obtenidos de la búsqueda de información con las variables que afectan el problema planteado.
- Socialización de la información: permite determinar la capacidad de comunicar con claridad aspectos como resultados, conclusiones, y aspectos teóricos que los respaldan, con el fin de proponer una respuesta al problema planteado.

En la tabla 2.4 se resumen los criterios de análisis para la resolución de problemas, así como las actividades y la fuente de información enmarcadas en la intervención.

Tabla 2.4. *Criterios de análisis para la resolución de problemas*

Dimensión	Indicador	Subindicador	Pregunta o actividad	Fuente de información
Resolución de problemas en conceptos bioquímicos	Análisis y síntesis de la información	Capacidad de buscar, resumir y organizar información	Lectura del problema planteado, búsqueda y análisis de información	- Resúmenes
	Procesamiento de la información	Capacidad de relacionar, abstraer y comprender contenidos aprendidos	Introducción de variables, síntesis de información	- Informes de laboratorio
	Socialización de la información	Capacidad de transferir y comunicar información	Transferencia y contrastación de conceptos entre estudiantes y profesor	- Informes de laboratorio - Presentaciones orales

Fuente: elaboración propia.

LA IMPERFECCIÓN DEL MODELO DE ENSEÑANZA

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología descrita en el capítulo anterior. Se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo con las técnicas estadísticas correspondientes.

Algunos datos se analizan mediante el programa *SPSS*, con técnicas estadísticas descriptivas, inferenciales y multivalentes, adaptadas a las variables y objetivos de la investigación. De esta manera, se realiza análisis de frecuencias, estadístico descriptivo de medidas de tendencia central y de dispersión; pruebas paramétricas y no paramétricas, y análisis discriminante para identificar algunas relaciones entre variables que permiten describir mejor a los participantes. Por otra parte, el programa *ATLAS.ti* se usa para hacer análisis documental de los informes de laboratorio y foros; también se determinan redes de códigos y temas centrales de discusión, lo cual permite identificar el proceso de construcción de conceptos, basados en el discurso utilizado.

Finalmente, a lo largo del capítulo, y en la medida que los resultados lo justifican, se presentan gráficas y tablas para facilitar la explicación, su análisis, proponer conclusiones y proyecciones de investigación.

DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

Los estilos de aprendizaje, entendidos como una variable que puede influir en las relaciones entre el aprendizaje significativo y la resolución de problemas, se identificaron empleando el cuestionario *CHAEA* con los 102 participantes. Los resultados se analizaron mediante el baremo propuesto por Alonso *et al.* (1997),

el cual permite dar un significado a la puntuación obtenida (véase tabla 3.1). Es importante resaltar que un valor numérico idéntico en un estilo u otro no significa lo mismo; por ejemplo, una puntuación de 16 indica una preferencia muy alta para el estilo activo, mientras que para el reflexivo corresponde a una preferencia moderada.

Tabla 3.1. *Baremo para interpretar los resultados del cuestionario CHAEA*

Estilo de aprendizaje	Preferencia muy baja	Preferencia baja	Preferencia moderada	Preferencia alta	Preferencia muy alta
Activo	0-6	7-8	9-11	12-14	15-20
Reflexivo	0-10	11-13	14-16	17-19	20
Teórico	0-6	7-9	10-13	14-15	16-20
Pragmático	0-8	9-10	11-13	14-15	16-20

Fuente: Alonso et al. (1997, p. 114).

Se recolectaron los datos de los 102 estudiantes, se tabularon y se sistematizaron. En la tabla 3.2 se presentan algunos de los resultados, organizados por columnas. La primera hace referencia al código asignado a cada estudiante, entre 1 y 102; la siguiente muestra el resultado del número de respuestas seleccionadas para el estilo activo y la tercera, el grado de preferencia de acuerdo con el baremo establecido (véase tabla 3.1). Las siguientes seis columnas tienen la misma secuencia para cada estilo de aprendizaje. La última registra el consolidado e indica el estilo de aprendizaje preferido por el estudiante.

Tabla 3.2. Resultados de la aplicación del cuestionario CHAEA

Código del estudiante	Activo	Baremo	Reflexivo	Baremo	Teórico	Baremo	Pragmático	Baremo	Estilo preferido
10	16	Muy alto	13	Bajo	8	Bajo	14	Alto	Activo
11	13	Alto	10	Muy bajo	6	Muy bajo	13	Moderado	Activo
34	13	Alto	12	Bajo	10	Moderado	12	Moderado	Activo
01	7	Bajo	13	Bajo	10	Moderado	5	Muy bajo	Multiestilo
02	4	Muy bajo	7	Muy bajo	9	Bajo	5	Muy bajo	Multiestilo
03	0	Muy bajo	12	Bajo	10	Moderado	3	Muy bajo	Multiestilo
36	14	Alto	12	Bajo	15	Alto	16	Muy alto	Pragmático
37	10	Moderado	15	Moderado	13	Moderado	15	Alto	Pragmático
65	10	Moderado	11	Bajo	10	Moderado	15	Alto	Pragmático
14	11	Moderado	20	Muy alto	14	Alto	10	Bajo	Reflexivo
38	6	Muy bajo	20	Muy alto	14	Alto	13	Moderado	Reflexivo
39	5	Muy bajo	17	Alto	9	Bajo	9	Bajo	Reflexivo
26	10	Moderado	19	Alto	16	Muy alto	13	Alto	Teórico
27	13	Alto	18	Alto	16	Muy alto	11	Moderado	Teórico
28	7	Bajo	16	Moderado	17	Muy alto	13	Moderado	Teórico

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la tabla 3.2 se organiza por grupos de estudiantes según su estilo de aprendizaje, lo cual facilita el análisis de los resultados individuales y las tendencias grupales.

Los resultados muestran claramente la gran diversidad en las respuestas dadas por los participantes a las preguntas del cuestionario, lo cual generó algunas dificultades para ubicar los estudiantes en las categorías de los estilos de aprendizaje propuestos por Honey y Mumford (1986). En consecuencia, se propuso una nueva categoría denominada *multiestilo*, en la cual se encuentra la mayor parte de la población objeto de estudio. Esta se caracteriza por reunir aspectos de los diferentes estilos de aprendizaje sin que alguno de ellos predomine. Un análisis más profundo al respecto se realiza en el apartado Análisis descriptivo para el estilo de aprendizaje multiestilo, donde se presentan algunas referencias con resultados similares en otras investigaciones.

Análisis descriptivo para el estilo de aprendizaje activo

Los resultados del cuestionario muestran claramente una gran diversidad en los perfiles de preferencia en el estilo de aprendizaje activo: de los 10 estudiantes clasificados en este estilo de aprendizaje 7 se ubicaron en una preferencia alta, en tanto 3 en una preferencia muy alta (véase figura 3.1). El análisis estadístico descriptivo estableció que de las 20 preguntas del cuestionario correspondientes a este estilo de aprendizaje, 16 respuestas fueron calificadas como De acuerdo, por lo que esta fue la moda estadística. Se resalta que 3 estudiantes con 12 respuestas calificadas como De acuerdo se ubican en el límite entre alto y moderado; ningún estudiante obtuvo 20 respuestas calificadas como De acuerdo (véase figura 3.2).

DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIANTES
EN EL ESTILO ACTIVO

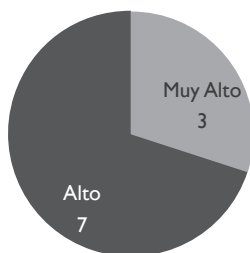


Figura 3.1. Distribución de estudiantes en el estilo activo

Fuente: elaboración propia.



Figura 3.2. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo activo

Fuente: elaboración propia.

Análisis descriptivo para el estilo de aprendizaje reflexivo

Según los resultados obtenidos, solo 6 estudiantes de 102 tenían un estilo de aprendizaje reflexivo. De ellos 2 obtuvieron las 20 respuestas marcadas como De acuerdo. Por otro lado, dos estudiantes se ubicaron en el extremo inferior del baremo (véase figura 3.3). La moda estadística para este estilo de aprendizaje se ubicó en 20 respuestas que seleccionaron la opción De acuerdo (véase figura 3.4).

DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIANTES EN EL ESTILO REFLEXIVO

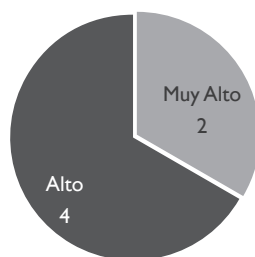


Figura 3.3. Distribución de estudiantes en el estilo reflexivo

Fuente: elaboración propia.

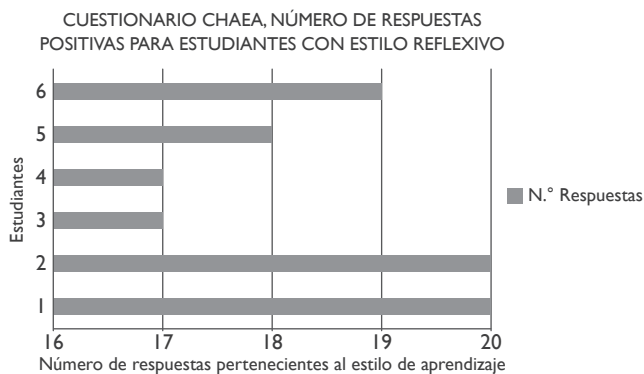


Figura 3.4. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo reflexivo

Fuente: elaboración propia.

Análisis descriptivo para el estilo de aprendizaje teórico

De los 102 participantes, 16 registraron un estilo de aprendizaje teórico claramente definido y se ubicaron en un rango de preferencia entre alto (7) y muy alto (9) (véase figura 3.5). La moda estadística se estableció en 15 respuestas marcadas como De acuerdo; sin embargo, se puede considerar que la distribución fue muy equitativa con una leve tendencia a la preferencia muy alta. En la figura 3.6 se observa la distribución estadística y se resalta que ningún estudiante respondió positivamente las 20 preguntas correspondientes a este estilo de aprendizaje.

DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIANTES EN EL ESTILO TEÓRICO

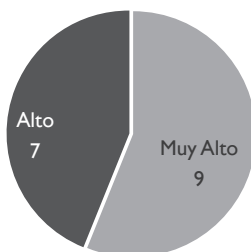


Figura 3.5. Distribución de estudiantes en el estilo teórico

Fuente: elaboración propia.



Figura 3.6. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo teórico

Fuente: elaboración propia.

Análisis descriptivo para el estilo de aprendizaje pragmático

Solo 5 estudiantes se ubicaron en este estilo de aprendizaje en un nivel de preferencia entre alto (2) y muy alto (3) (véase figura 3.7). La moda estadística se estableció en 16 respuestas marcadas como De acuerdo en este grupo de estudiantes (véase figura 3.8). Ningún estudiante respondió la opción De acuerdo en las 20 preguntas correspondientes a este estilo de aprendizaje.

DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIANTES EN EL ESTILO PRAGMÁTICO

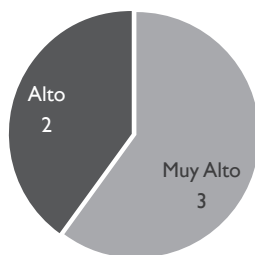


Figura 3.7. Distribución de estudiantes en el estilo pragmático

Fuente: elaboración propia.



Figura 3.8. Número de respuestas positivas en el cuestionario CHAEA para el estilo pragmático

Fuente: elaboración propia.

Análisis descriptivo para el estilo de aprendizaje multiestilo

Reconociendo que en el contexto de los estilos de aprendizaje de Honey y Mumford (1986) todas las personas cuentan con unas características que determinan la forma de aprender, que pueden ser agrupadas y organizadas en cuatro estilos de aprendizaje, y que mediante el cuestionario CHAEA es posible determinar el estilo de aprendizaje preferido por los individuos, en el presente trabajo se identificaron estudiantes con características mixtas. Por lo anterior, se propuso una nueva categoría denominada *multiestilo*. Esta tendencia ha sido reportada por otros investigadores, quienes definieron a este tipo de aprendices como individuos con características mixtas en sus preferencias de aprendizaje (Rodríguez *et al.*, 2010).

En este contexto, los resultados de la aplicación del cuestionario CHAEA muestran 65 estudiantes con características mixtas de estilos de aprendizaje, quienes se agrupan como multiestilo. En la tabla 3.3 se presenta la distribución de respuestas marcadas como De acuerdo y se especifica por cada uno el resultado para cada estilo de aprendizaje que conforma el perfil multiestilo. Las respuestas expresan claramente la gran diversidad de posibles cruces entre estilos de aprendizaje.

En las diferentes combinaciones de estilos de aprendizaje encontradas, se resaltan combinaciones como preferencia baja, baja, baja, muy baja para los estilos activo, reflexivo, teórico y pragmático, respectivamente para el estudiante 59, o combinaciones como preferencia moderada para los cuatro estilos de aprendizaje en el estudiante 100. Estas combinaciones muestran la diversidad de perfiles estilísticos en los estudiantes. Probablemente existen otras variables determinantes

en la forma como las personas abordan el aprendizaje de conceptos, que aún no han sido estudiadas a profundidad, haciendo aún más complejo e inciertos los procesos de aprendizaje.

Tabla 3.3. *Perfil estilístico general de los estudiantes multiestilo*

Estudiante	Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
Identificación	Respuestas positivas	Respuestas positivas	Respuestas positivas	Respuestas positivas
01	7	13	10	5
02	4	7	9	5
03	0	12	10	3
04	6	7	11	5
05	6	8	9	7
06	6	12	9	7
07	6	9	10	10
08	11	10	10	8
09	3	8	7	4
12	9	4	8	7
13	9	9	4	4
15	6	15	9	6
16	7	3	6	7
17	8	9	8	8
18	6	14	12	4
19	5	11	9	13
20	5	7	8	8
21	6	12	7	6
22	8	14	12	10
23	7	14	13	6
24	9	16	10	11
25	10	19	15	7
40	11	15	11	9
42	4	20	17	13
44	8	20	18	9
47	11	8	11	13
48	5	15	13	6
49	9	16	12	12
50	9	15	9	11

51	9	19	15	12
52	11	15	7	10
56	5	9	13	9
57	8	11	11	8
58	7	5	9	7
59	7	13	9	3
60	7	11	10	7
61	9	11	5	9
62	9	12	6	9
63	11	10	7	11
64	12	13	6	7
66	4	15	9	9
67	4	14	7	3
69	6	7	6	8
70	9	10	12	7
71	5	6	7	6
72	9	19	14	15
73	6	16	10	12
74	12	13	9	11
75	9	14	8	13
76	7	12	8	8
77	6	11	7	7
78	8	17	10	5
79	12	17	9	8
82	8	16	13	11
83	8	17	10	5
84	12	15	15	15
85	8	16	13	11
88	3	17	12	6
89	9	9	5	5
91	8	20	16	15
92	7	17	13	11
93	4	10	6	4
95	11	16	11	10
100	10	15	13	12
101	9	14	14	15
Moda	9	15	9	7

Fuente: elaboración propia.

En este sentido, y con el ánimo de identificar un perfil estilístico, se determinó la moda estadística por cada estilo de aprendizaje para definir una tendencia, sin pretender desconocer las características individuales de cada estudiante.

La figura 3.9 presenta la distribución de respuestas marcadas como De acuerdo en el componente estilo de aprendizaje activo. El número de respuestas positivas que más se repite es 9, valor de la moda. Llama la atención que el estudiante 3 no tuvo respuestas marcadas como De acuerdo en este estilo de aprendizaje, lo cual indica que no es improvisador, no le gusta el riesgo, no es espontáneo, ni líder, justamente las características propuestas por Alonso (1992) (véase tabla 1.3).

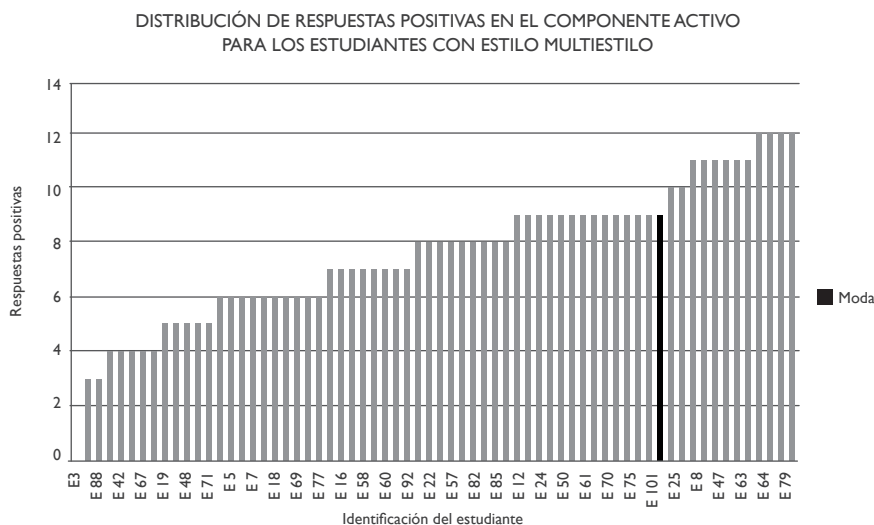


Figura 3.9. *Distribución de respuestas en el estilo activo para estudiantes multiestilo*

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.10 se ilustra la distribución de respuestas en el componente estilo de aprendizaje reflexivo. El número de respuestas marcadas como De acuerdo que más se repite es 15, valor de la moda estadística. Se observa en los estudiantes 42, 44 y 91 respuestas marcadas como De acuerdo en las 20 preguntas de este estilo de aprendizaje, lo que señala una preferencia muy alta; sin embargo, fueron catalogados como multiestilo debido a la misma preferencia en el estilo teórico (véase figura 3.11).

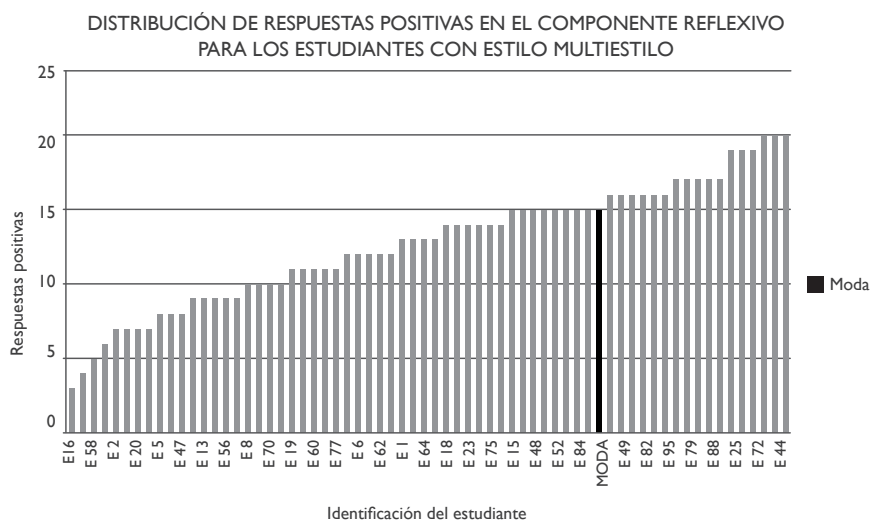


Figura 3.10. *Distribución de respuestas en el estilo reflexivo para estudiantes multiestilo*

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la figura 3.11, frente al componente estilo de aprendizaje teórico, los estudiantes multiestilo presentan una distribución de respuestas marcadas como De acuerdo con una moda de 9. Se resalta que el valor más alto obtenido para esta categoría fue de 18 respuestas positivas.

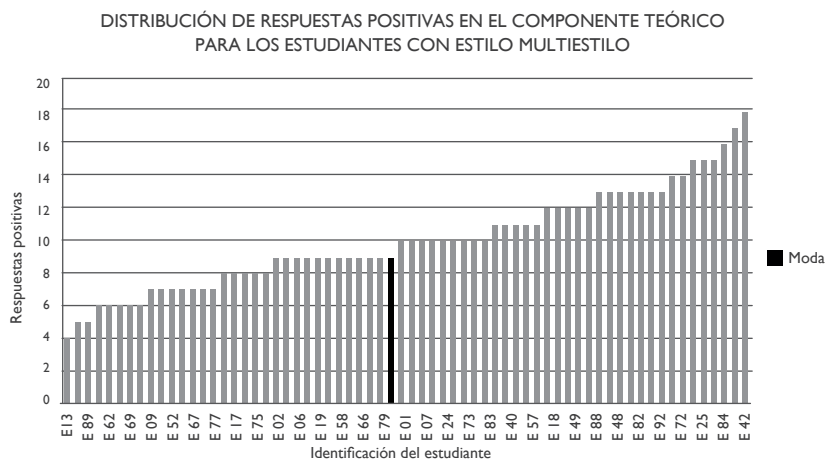


Figura 3.11. *Distribución de respuestas en el estilo teórico para estudiantes multiestilo*

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, la figura 3.12 muestra la distribución de respuestas positivas en el componente estilo pragmático. El número de respuestas marcadas como De acuerdo que más se repite es 7, siendo esta la moda estadística. Los estudiantes 72, 84, 91 y 101 presentaron 15 de las 20 respuestas marcadas como De acuerdo, por lo cual se catalogaron en una preferencia alta; sin embargo, presentan una preferencia igualmente alta para otros estilos de aprendizaje: para los estilos reflexivo y teórico en el caso del estudiante 72, para el estilo teórico en el estudiante 84, para los estilos reflexivo y teórico en el estudiante 91, y para el estilo de aprendizaje teórico en el estudiante 101.

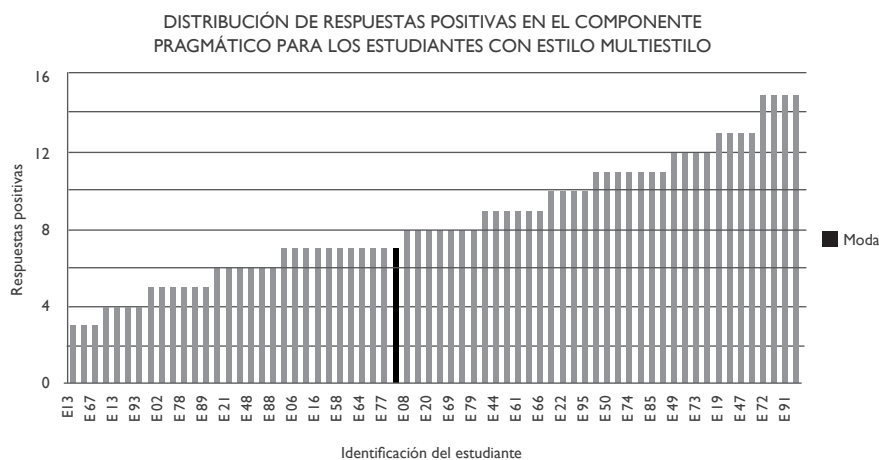


Figura 3.12. *Distribución de respuestas en el estilo pragmático para estudiantes multiestilo*

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3.4 se resume el resultado obtenido al calcular la moda estadística por cada estilo de aprendizaje, lo cual permite definir el perfil estilístico de los estudiantes multiestilo.

Tabla 3.4. *Consolidado de la moda estadística por estilo de aprendizaje para estudiantes multiestilo*

Estadístico	Estilo de aprendizaje			
	Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
Moda	9	15	9	7

Fuente: elaboración propia.

La distribución radial de la moda estadística obtenida en cada estilo de aprendizaje para el grupo de estudiantes multiestilo puede observarse en la figura 3.13. Este valor de la moda se clasifica según el baremo recomendado por Alonso *et al.* (1997), con el fin de establecer el perfil estilístico. Según los resultados, este puede ser caracterizado como moderado para activo, moderado para reflexivo, bajo para teórico y muy bajo en pragmático.

PERFIL ESTILÍSTICO MULTIESTILO

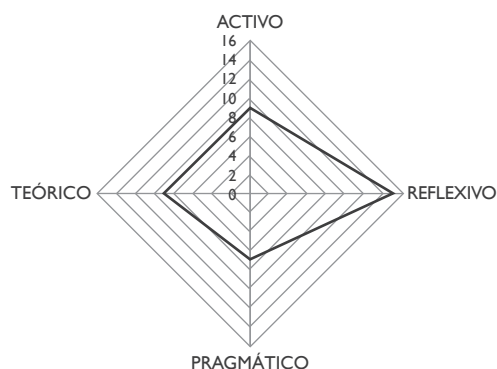


Figura 3.13. *Perfil estilístico para los estudiantes multiestilo*

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados justifican incluir a los estudiantes multiestilo como otra categoría de los estilos de aprendizaje, lo cual representa un aporte al estudio de las preferencias individuales en un proceso de aprendizaje. De hecho, si se realiza un estudio más amplio, con el apoyo de una herramienta estadística, se puedan identificar otras categorías.

La propuesta de incluir la categoría *multiestilo* no desvirtúa el concepto de estilo de aprendizaje; por el contrario, ofrece una mirada más amplia, en especial cuando el origen del concepto de estilos de aprendizaje está fuertemente ligado con las características individuales, que incluyen actitudes y comportamientos de

la persona que afronta el ejercicio de aprender. En consecuencia, no necesariamente los individuos cuentan con un estilo de aprendizaje puro; por el contrario, todos tienen características de diversos estilos de aprendizaje, pero en muchas ocasiones prevalecen unas, lo cual permite categorizarlos en alguno de los estilos de aprendizaje planteados por Honey y Mumford (1986).

Recordando que Honey y Mumford (1986) le dan un carácter actitudinal y variable a los estilos de aprendizaje y que estos pueden modificarse cuando se realizan actividades encaminadas a transformarlos, es válido suponer que existe una especie de flexibilidad estilística en los individuos. En este sentido, se han desarrollado trabajos que dan cuenta de las transformaciones en los estilos de aprendizaje a lo largo del tiempo, influenciados por los diversos procesos educativos (López y Morales, 2014). Un estudio realizado con estudiantes que iniciaban sus estudios superiores, a quienes se les aplicó el cuestionario CHAEA, reportó puntuaciones parecidas en más de un estilo de aprendizaje, por lo que fueron categorizados con dos estilos de aprendizaje (Bolívar y Rojas, 2008). Estos resultados sugieren que algunas personas pueden contar con características propias de más de un estilo de aprendizaje. También se ha propuesto que los cambios en los estilos de aprendizaje surgen como respuesta al logro académico.

En la investigación de Oviedo *et al.* (2010) con 90 profesores y 1136 estudiantes de los grados 10.º y 11.º de siete instituciones educativas de Bogotá (Colombia), y cuyo objetivo era examinar la relación entre los estilos de enseñanza y los estilos de aprendizaje, concluyeron que no se encuentra un estilo de aprendizaje predominante; por el contrario, se observan diversas combinaciones de características que no pueden ser enmarcar en una de las categorías de estilo de aprendizaje, lo cual hace suponer que existen diversas categorías de estilos.

Otro estudio realizado con 80 estudiantes españoles de educación secundaria, a quienes les aplicó el cuestionario CHAEA para identificar sus estilos de aprendizaje, reportó 2 alumnos con mezcla de los estilos activo y teórico, 1 con características de activo y reflexivo, 1 reflexivo y teórico, 1 teórico y pragmático, 1 activo y pragmático, y 1 reflexivo y pragmático. De acuerdo con lo anterior, pueden existir diferentes tendencias estilísticas (Simón, 2011).

En este mismo sentido, un estudio en el que participaron 400 estudiantes universitarios de Lima (Perú) reportó que al utilizar el instrumento CHAEA se encontró que los estudiantes de pregrado tienen una preferencia por los estilos teórico y activo, en tanto que los estudiantes de posgrado no tienen una tendencia clara por algún estilo de aprendizaje (Blumen *et al.*, 2011). Estos resultados son similares a los obtenidos por Barrio y Gutierrez (2000), Cano García (1993), García y Rodríguez (2003), Gómez del Valle (2003), citados por Blumen *et al.* (2011). Los resultados anteriores son un indicativo de cambio en las preferencias de estilo de aprendizaje con la edad y con el nivel de estudios, debido a que las

personas tienden a exhibir múltiples estilos de aprendizaje según la experiencia y la situación que deban enfrentar. Esto se puede considerar como un indicador de aproximación a la nueva categoría (multiestilo) propuesta en esta investigación.

En esta línea de trabajo, se resalta un estudio desarrollado con una población de estudiantes afrocolombianos, en cual se encontró que el 13,15 % tenía una preferencia por una mezcla de los estilos teórico-pragmático-reflexivo, el 7,89 % por la combinación activo-reflexivo, el 5,16 % por la opción teórico-reflexivo y el 2,63 % por activo-teórico-pragmático-reflexivo (Meneses y Jiménez, 2013). Por su parte, Valenzuela *et al.* (2011) establecieron que el 19,9 % de los estudiantes tienen afinidad hacia dos o más estilos de aprendizaje, a lo cual denominaron estilo de aprendizaje mixto.

Igualmente, el análisis de los estilos de aprendizaje realizado en estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena (Colombia), empleando un análisis de varianza bifactorial y con una correlación de Pearson ($p \leq 0,05$), mostró que esta población tenía una preferencia por los estilos de aprendizaje activo y pragmático (61,09 %); también registraron una preferencia a la que denominaron multimodal, la cual cuenta con características de diversos estilos de aprendizaje (Acevedo *et al.*, 2015). Se obtuvo un resultado similar con 312 estudiantes de la Universidad de Boyacá (Colombia), quienes, en su gran mayoría, no contaban con un estilo de aprendizaje puro (Bahamón *et al.*, 2013). En un trabajo realizado con estudiantes de la Licenciatura en Farmacia de la Universidad de Costa Rica se determinó que los estudiantes presentaban combinaciones de estilos de aprendizaje (Lizano *et al.*, 2015).

Finalmente, un trabajo realizado con estudiantes de la Universidad de Sevilla (España), y cuyo objetivo era identificar los estilos de aprendizaje propuestos por Honey y Mumford en los estudiantes registrados para el primer curso del grado de Edificación, reportó que hay alumnos con combinación de estilos, quienes fueron denominados multiestilo (Alducin y Vázquez, 2016).

Los trabajos antes mencionados y los resultados obtenidos en este estudio doctoral abren la puerta para futuras investigaciones encaminadas a determinar si es válido o no ampliar las categorías de estilos de aprendizaje propuestas por Honey y Mumford (1986); sin embargo, y para efectos de dar respuesta a la pregunta problema planteada, es válido considerar que una buena parte de los estudiantes de la población estudiada cuenta con actitudes y comportamientos que definen un estilo de aprendizaje no categorizado en el modelo, el cual puede definirse transitoriamente como multiestilo, sin que afecte la definición de estilo de aprendizaje dada en el modelo, pero que debe ser estudiado a profundidad.

Análisis descriptivo de los resultados del cuestionario CHAEA

Para el análisis descriptivo de los resultados, es fundamental recordar que en la tabla 3.1 se presenta el baremo propuesto por Alonso *et al.* (1997), en el cual la puntuación obtenida indica que el 64 % de la población estudiada tenía características multiestilo, el 15 % correspondía al estilo teórico, el 10 % al activo, el 6 % al reflexivo y solamente el 5 % al estilo pragmático. En la figura 3.14 puede observarse esta distribución porcentual que caracteriza la muestra poblacional en estudio.

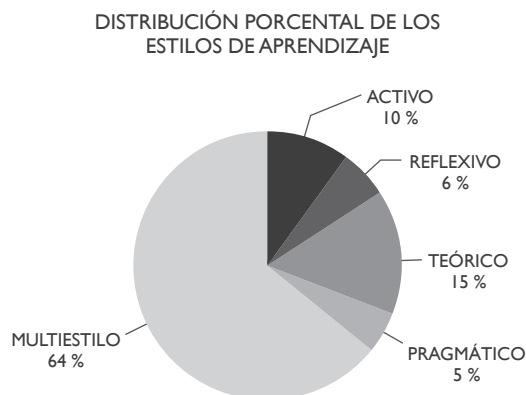


Figura 3.14. Consolidado de estilos de aprendizaje

Fuente: elaboración propia.

Este resultado tiene cierta similitud con otras investigaciones, en las cuales, al comparar los estilos de aprendizaje y el tipo de estudios (Ciencias de la Educación, Ciencias, Estudios Experimentales y Técnicos, Humanidades y Jurídicos), se encontró que los estudiantes de Ciencias de la Educación presentan diferencias significativas respecto a los inscritos en Ciencias Experimentales, quienes tienen mayor orientación al estilo de aprendizaje teórico, y a los adscritos a las Humanidades, quienes tienen una mayor orientación al estilo reflexivo. También se identificó que los estudiantes de Educación no cuentan con un estilo de aprendizaje claramente definido (Martín y Rodríguez, 2003).

Por otra parte, se evidencia que la mayoría de estudiantes logran buenos resultados en la aplicación del modelo de resolución de problemas, teniendo en cuenta que el 64 % de ellos tenían una orientación multiestilo, por lo tanto, pueden adaptarse con mayor facilidad a cualquier actividad planeada en un proceso de enseñanza-aprendizaje. Tomando como base recientes postulados de la teoría de aprendizaje experiencial, se espera el logro de un aprendizaje más eficiente cuando se tiene un uso equilibrado de los estilos de aprendizaje (Mainemelis, Boyatzis y Kolb, 2002). Por otra parte, otros investigadores han encontrado que alumnos con

resultados buenos o sobresalientes no contaban con un estilo definido (Martín y Rodríguez, 2003). Por las razones anteriores, es de suponer que las actividades centradas en la resolución de problemas permitirán involucrar todos los estilos de aprendizaje siguiendo los principios planteados en la teoría experiencial de Kolb (Kolb, Rubin y McIntyre, 1977; Kolb, Rubin, McIntyre *et al.*, 1974).

INTERVENCIÓN EN EL AULA

La estrategia de intervención parte de un problema integrador relacionado con el sobrepeso, la obesidad y las dietas, tópicos alrededor de los cuales se construyen relaciones entre los conceptos iniciales, nuevos conceptos en bioquímica, y relaciones cognitivas con situaciones cotidianas. En el anexo 2 se presenta el instrumento que plantea el problema integrador, en el cual se abordan temáticas actuales como desórdenes alimentarios y sus consecuencias, se incluyen datos de la Sociedad Colombiana de Endocrinología sobre el porcentaje de la población mundial con problemas de sobrepeso y obesidad, se plantea el tema de las dietas y se invita a resolver el problema desde las implicaciones bioquímicas que tienen estas dietas basadas en los nutrientes que aportan calorías. El problema planteado es: *¿Cuál es la implicación de las dietas alimenticias en los procesos bioquímicos?*

Los estudiantes propusieron analizar una dieta para reducir peso y determinar los efectos en la bioquímica. La dieta Dukan (2007) se consideró como el escenario propicio para desarrollar el análisis de los efectos bioquímicos, así como un video sobre problema de obesidad (Swimmer y Brooks, 2008). Los estudiantes, basados en este material, plantearon actividades para resolver el problema, y con la asesoría del profesor se llegó al consenso de trabajar con las expuestas en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. *Actividades propuestas para abordar el problema general*

Actividad	Objetivo
Ejercicios de indagación	Realizar búsquedas bibliográficas, incluidos artículos, que permitan proporcionar un marco conceptual.
Clase magistral	En el marco de la resolución de problemas, los estudiantes plantean la necesidad de consultar con un experto, quien les presenta una introducción a los conceptos básicos y los ayuda a resolver dudas.
Foros	Presentar un intercambio de opiniones sobre los conceptos asociados a la problemática de las dietas en la bioquímica, a fin de construir conceptos y plantear problemas integradores; implica indagación bibliográfica.

Actividad	Objetivo
Trabajo en el laboratorio	Determinar el contenido de proteína, lípidos, glúcidos y actividad enzimática.
Elaboración de mapas conceptuales	Observar la forma como los estudiantes integran los conceptos en su estructura cognitiva.

Fuente: elaboración propia.

Luego de la lectura del problema, el acercamiento a la dieta Dukan y al video, por cada temática (proteínas, glúcidos y lípidos) se realizó una clase magistral a manera de consulta a un experto, quien presentó una introducción del origen de la bioquímica, la importancia de sus desarrollos especialmente en el área médica, así como de la química del agua en la bioquímica, el pH, las soluciones reguladoras y el equilibrio químico, los cuales surgen como conceptos necesarios para entender la bioquímica de las proteínas, los lípidos y los glúcidos.

Sobre las proteínas

Se reflexionó en torno a la problemática acerca de la relación entre pobreza y consumo de proteínas, abordada en las décadas de los cuarenta y los cincuenta por los gobiernos de los países latinoamericanos. Se planteó como problema: *¿Cuáles son las funciones relevantes de las proteínas en la bioquímica humana? ¿Cómo se explican?* (véase anexo 2).

Ejercicio de indagación

Para dar respuesta al problema planteado, los estudiantes realizaron un ejercicio de indagación utilizando diversas fuentes bibliográficas. Posteriormente entregaron un escrito en el que resumían sus propuestas y lo socializaron grupalmente. En la tabla 3.6, se presenta un resumen del trabajo elaborados por los estudiantes.

Tabla 3.6. *Funciones de las proteínas según la indagación de los estudiantes*

Estudiante / estilo de aprendizaje	¿Cuáles son las funciones relevantes de las proteínas en la bioquímica humana?	¿Cómo se explican?
Estudiante 98 / reflexivo	Transporte	Transporte de oxígeno
	Funcionamiento del sistema inmunitario	Funcionamiento del organismo
	Crecimiento	
	Síntesis de enzimas	
Estudiante 68 / reflexivo	Resistencia y estructural	Forman tejidos
	Enzimas	Biocatalizadores, aceleran las reacciones
	Hormonal	Hormona del crecimiento
	Inmunitaria	Anticuerpos
	Transporte	Transporte de oxígeno
	Reserva	Regula división celular
	Reguladoras	Movimiento de músculos
	Contráctil	Regulan el equilibrio osmótico
	Homeostática	
Estudiante 26 / teórico	Catalizadores (enzimas)	Hidrólisis ATP
	Función estructural	Tejidos y órganos
	Transporte y reserva	Recepción de hormonas
	Función inmunitaria	Rechazo de trasplantes
	Contráctil	Movimiento de músculos
Estudiante 37 / pragmático	Estructurales	Constituyente de células
	Transporte	Transporte de colesterol
	Enzimas	Regular procesos fisiológicos
	Hormonal	Hormonas reguladoras de glucosa
	Inmunitaria	Forman anticuerpos
	Equilibrio ácido-base	Reguladores de pH en la sangre
	Equilibrio de líquidos	Regulan el equilibrio osmótico
	Energética	Proporcionan energía
	Contráctil	Movimiento de músculos
Estudiante 97 / activo	Defensa	Vitalidad en el cuerpo
	Energética	Reducción de enfermedades

Estudiante / estilo de aprendizaje	¿Cuáles son las funciones relevantes de las proteínas en la bioquímica humana?	¿Cómo se explican?
Estudiante 100 / multiestilo	Enzimas	Catálisis de reacciones
	Estructurales	Membranas celulares
	Almacenamiento	Aporte calórico
	Transporte	Transporte de oxígeno
	Motores moleculares	Movimiento celular
	Reguladores	Control genético
	Defensa	Sistema inmune
Estudiante 66 / multiestilo	Actividades cotidianas	No describe
	Protección de enfermedades	
	Reacciones consistentes del cuerpo	
	Regeneración de tejidos	
Estudiante 101 / multiestilo	Enzimas	Aceleran reacciones de metabolización
	Estructural	Epidermis
	Hormonal	Hormonas reguladoras de glucosa
	Defensa	Anticuerpos
	Transporte	Transporte de lipoproteínas
	Reserva	Aporte calórico
	Reguladoras	Regulan la expresión genética
	Contráctil	Equilibrio osmótico
	Homeostática	

Fuente: elaboración propia.

Como lo indica la tabla anterior, los estudiantes identificaron las funciones relevantes de las proteínas al mencionar su papel como enzimas, estructura de tejidos, como parte de anticuerpos, moléculas transportadoras de oxígeno o como aportante energético. También plantearon diversas formas de evidenciar dichas funciones como la vulnerabilidad a algunas enfermedades. Sin embargo, tuvieron algunas dificultades al intentar proponer dichas evidencias. Un ejemplo claro puede observarse con el estudiante 66, quien tiene un estilo de aprendizaje multiestilo, y solamente enumeró las funciones.

Si bien no es muy claro, debido a que no lo expresan explícitamente, en general los estudiantes asumen el efecto catalítico de las enzimas como acelerador de reacciones, desconociendo algunos papeles clave como los efectos de inhibición para regular las reacciones. Este hecho amerita un trabajo más profundo.

Clase magistral

Es necesario tener presente que la clase magistral se planeó como un ejercicio de indagación con un experto, en el cual se intercambian opiniones, se aclaran dudas y se da respuesta a interrogantes. Para el tema de proteínas se trataron diversos aspectos pertinentes: los aminoácidos se estudiaron como las unidades monoméricas de las proteínas, su estructura química, propiedades químicas, funciones reguladoras de cargas, punto isoelectrico, curvas de distribución de carga, los péptidos como moléculas poliméricas previas a las proteínas, sus propiedades químicas y físicas. Además, se abordaron los temas referidos a las proteínas y sus funciones como moléculas transportadoras, formadoras de estructuras, enzimas y estudios cinéticos, moléculas aportantes de energía, todos ellos relacionados con problemas de salud.

Prácticas de laboratorio

La secuencia de actividades propuesta y acordada con el profesor se complementó con trabajos experimentales en el laboratorio, en los cuales se invitó a los estudiantes a extraer, cuantificar y determinar el aporte calórico de las proteínas presentes en un alimento, la actividad enzimática, así como las características de las proteínas que pueden marcar la diferencia en los problemas asociados con desórdenes alimentarios. Para el desarrollo de esta actividad se estableció la siguiente secuencia:

1. Con la orientación del profesor, los estudiantes definieron la temática de trabajo en el laboratorio, articulado a las temáticas abordadas en clase, y con el objetivo de aportar herramientas para resolver el problema específico sobre proteínas.
2. Los estudiantes se organizaron libremente en grupos.
3. Todos los grupos desarrollaron una indagación bibliográfica previa para diseñar el trabajo en el laboratorio.
4. Se seleccionó un grupo de estudiantes a quienes se le asignó la tarea de liderar la práctica de laboratorio. Ellos, junto con el profesor, definieron detalles como material, reactivos, equipos y procedimiento. Se socializó y se desarrolló en el laboratorio.
5. Los grupos entregaron un informe final de laboratorio, el cual incluye título, objetivos, resultados, análisis de resultados, conclusiones y bibliografía. Esta estructura fue acordada entre profesor y estudiantes.

Las prácticas de laboratorio diseñadas se centraron en productos alimenticios como material para análisis, a los cuales se les extrajeron y cuantificaron las proteínas mediante diferentes técnicas analíticas. Luego, en un segundo laboratorio, se extrajo la ureasa, proteína con función enzimática, se cuantificó y se realizó un

estudio cinético. Finalmente, se evaluaron los informes entregados por los estudiantes y se analizaron con el programa ATLAS.ti. Se identificaron 14 códigos o temas en los cuales los estudiantes centraron su atención en el análisis, la indagación y las conclusiones de sus trabajos en el laboratorio (véase tabla 3.7).

Tabla 3.7. *Códigos o temas relacionados con las proteínas presentes en los informes de laboratorio según el análisis con ATLAS.ti*

Temas (ATLAS.ti)	Descripción
1. Aminoácidos esenciales	Identifica los monómeros que conforman las proteínas, su importancia y sus características ácidas o básicas.
2. Energía	Considera la proteína como molécula aportante de energía.
3. Importancia estructural	Se refiere a la importancia del ordenamiento de los aminoácidos en la estructura, sus grupos ácidos y el nitrógeno presente.
4. Métodos de análisis y proteínas	Involucra los métodos analíticos para identificar y cuantificar proteínas en alimentos.
5. Molécula ácida y básica (propiedades químicas)	Considera las propiedades ácidas, básicas y de cargas eléctricas por parte de la molécula.
6. Péptidos	Se refiere a la secuencia de aminoácidos que conforman un eslabón previo a las proteínas.
7. Proteínas y función nutricional	La molécula y su importancia nutricional.
8. Proteína funcional	La molécula y su importancia en diversas funciones.
9. Regulador de procesos en el organismo	La proteína y su importancia en la bioquímica del organismo (enzimas).
10. Relación proteína y metabolismo	Identifica la relación entre las proteínas y los procesos metabólicos.
11. Relación proteínas, grasa y glúcidos	Hace referencia a la relación entre proteínas, glúcidos y lípidos en función del aporte calórico (energía).
12. Relación proteínas y alimentos	Plantea una clasificación de los alimentos desde la cuantificación de la proteína, entre ricos en proteínas o en bajo contenido de proteína.
13. Valor biológico de la proteína	Se refiere a la identificación del valor real de aprovechamiento de la proteína en los procesos bioquímicos.
14. Calidad de proteína	Menciona el valor nutricional, incluyendo el valor químico proteico.

Fuente: elaboración propia.

Estos códigos muestran un avance en la identificación de diversas funciones relacionadas con las proteínas, como por ejemplo el valor nutricional como molécula aportante de calorías, el valor químico y la cinética química, entre otros. Se observa también una fuerte tendencia a discutir el problema de la técnica analítica y sus posibles errores.

Una vez analizados los informes entregados por los estudiantes, se elaboró la figura 3.15, donde se muestra el porcentaje en el uso de los códigos mencionados en la tabla 3.7.

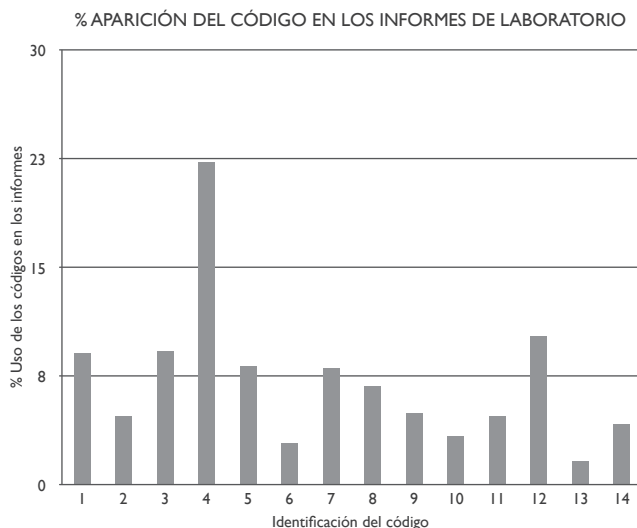


Figura 3.15. *Uso de los códigos en los informes de laboratorio*

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, los estudiantes enfatizaron el código o tema 4, Métodos de análisis y proteínas (véase tabla 3.6). En él se discute sobre las diversas metodologías de análisis para identificar y cuantificar las proteínas. Este tema se presentó en el 22 % de los informes, lo cual implica una tendencia a proponer explicaciones de los resultados obtenidos en el laboratorio centrados en las ventajas y desventajas de los diversos métodos analíticos (Kjeldahl, colorimétricos como Vierte o el uso de la región ultravioleta); la conveniencia de utilizar un instrumento de medida sobre otro; el detalle metodológico, desde la extracción hasta la cuantificación; las características de solubilidad de las proteínas en diversos solventes (solución salina, agua, alcohol, solución y básica), y el cálculo de aporte energético. Lo anterior puede observarse en la tabla 3.8, donde se presentan algunos de los comentarios de los grupos frente a los resultados obtenidos en el laboratorio.

Tabla 3.8. *Análisis de resultados reportados por los estudiantes en el informe de laboratorio*

Integrantes del grupo	Comentario
Estudiante 36 Estudiante 39	“El método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios. Compromete dos pasos consecutivos: - La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado. - El registro de la cantidad de amoníaco obtenida de la muestra”.
Estudiante 95 Estudiante 73	“Luego de separar las proteínas de acuerdo a su naturaleza, se procedió a cuantificar las proteínas por los métodos Biuret, ultravioleta y Kjeldahl (este último para proteínas totales), y así determinar la eficiencia de los métodos”.
Estudiante 97 Estudiante 66 Estudiante 37	“La extracción de proteínas fue realizada empleando la técnica de Osborne y Mendel, aunque no se obtuvieron los valores que permitieran arrojar porcentajes cercanos a la propuesto por las tablas de composición alimenticia probablemente producto de la separación mecánica, la cual puede no haberse efectuado con totalidad, mas sin embargo es importante utilizar los solventes específicos que permitan obtener la mayor cantidad de extracto proteico”.

Fuente: elaboración propia con base en los informes de laboratorio.

Por otra parte, el código 12, Relación proteínas y alimentos, es el segundo más utilizado en el momento de analizar los resultados obtenidos en el laboratorio, con el 10 % del total de usos de los códigos. Esto sugiere un esfuerzo por parte de los estudiantes de relacionar el concepto *proteínas* con los alimentos, lo cual les da herramientas para responder al problema planteado. En este caso, los participantes mencionan aspectos como la importancia de la proteína en un alimento, especialmente por su característica de molécula aportante de calorías; la clasificación de los alimentos según el contenido de proteínas, y la presencia de aminoácidos esenciales como parámetro para definir la importancia nutricional de un alimento. En la tabla 3.9 se muestran en las palabras de los estudiantes algunos ejemplos que dimensionan estas consideraciones.

Tabla 3.9. *Análisis de resultados del laboratorio donde se incluye la relación proteínas y alimentos*

Integrantes del grupo	Comentario
Estudiante 83 Estudiante 04	“La soya es la única legumbre que tiene todos los aminoácidos esenciales para el cuerpo, por lo que se digiere con facilidad y previene ciertas enfermedades. Lo más importante es que contiene lecitina, una sustancia que, entre otras cuestiones, evita problemas cardíacos y ayuda a mantener las arterias limpias”.
Estudiante 25 Estudiante 14	“En cuanto al chocolate instantáneo, la concentración de proteína (64,93 %), lo enmarca como fuente procesada altamente proteica y energética con base en sus aminoácidos”.
Estudiante 100 Estudiante 92 Estudiante 72	“La concentración de proteínas en la harina de trigo y sus propiedades funcionales juegan un papel importante en la industria de la panificación. El método uv permitió calcular el porcentaje de albúminas (4,48 %) y globulinas (3,02 %) presentes en la muestra. Con la información obtenida se puede inferir que el tipo de harina empleada en el análisis es de baja calidad puesto que el porcentaje de estas dos proteínas se encuentra por debajo del porcentaje teórico (15 %) sobre el total”.

Fuente: elaboración propia con base en los informes de laboratorio.

Es importante resaltar las explicaciones realizadas por los estudiantes desde los aminoácidos esenciales como moléculas que conforman la estructura primaria de la proteína y por tanto su importancia estructural. Esto parece indicar que se aproximan a la construcción del concepto de estructura primaria (códigos 1 y 3, respectivamente). Estos códigos o temas, con el 9 % de uso en los informes, muestran el esfuerzo por emplear los fenómenos bioquímicos en el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio. En la tabla 3.10 se presentan algunos de los comentarios realizados por los estudiantes acerca de estos aspectos.

Tabla 3.10. *Análisis de resultados donde se incluyen los códigos Aminoácidos esenciales e Importancia estructural*

Integrantes del grupo	Comentario
Estudiante 43 Estudiante 40 Estudiante 68	“Los polipéptidos absorben fuertemente en la región ultravioleta (uv) del espectro ($\lambda = 200$ a 400nm) sobre todo debido a que sus cadenas laterales aromáticas (las de Phe, Trp, Try) tienen coeficientes de extinción molar altos en esta región del espectro (en el rango de unas decenas de miles)”.
Estudiante 03 Estudiante 27	“Hablando en términos bioquímicos, la ingestión usual de proteínas en la dieta diaria permite un suministro de aminoácidos esenciales, es decir que el cuerpo no puede sintetizar para llevar a cabo las funciones vitales del organismo”.
Estudiante 101 Estudiante 26	“El método uv se basa en la absorción (a 280nm) que presentan algunas proteínas en la luz ultravioleta, según el tipo de electrones que puedan ser excitados. Los electrones que absorben menos energía son los ubicados en los anillos aromáticos de algunos aminoácidos (triptófano, tirosina y fenilalanina). Tanto la estructura secundaria como la terciaria pueden influir en el espectro de absorción de la proteína”.

Fuente: elaboración propia con base en los informes de laboratorio.

Estos resultados sugieren que el trabajo en el laboratorio puede servir como una herramienta para la construcción de conceptos en química, siempre y cuando tenga ciertas características; por ejemplo, proveer las condiciones propicias para posibilitar la elaboración de relaciones con conceptos de otras áreas del conocimiento, ser de interés para los estudiantes, fomentar la participación activa de los estudiantes con apoyo del profesor, permitir un aprendizaje de conceptos a partir de temáticas actuales y de interés, pues motiva a confrontar saberes con la realidad, contrastar conocimientos iniciales y a desarrollar estrategias para construir conceptos, mejorar los existentes y crear relaciones entre ellos (López y Tamayo, 2012; D. Gil *et al.*, 1999), razón por la cual se presume que los trabajos de laboratorio tienen un papel importante en el aprendizaje significativo, teniendo en cuenta las particularidades de los estudiantes.

La riqueza del trabajo en el laboratorio, incluido el informe final, permite no solamente identificar códigos alrededor de los cuales se promueven explicaciones conceptuales de algunos hechos observados durante la práctica de laboratorio, sino que también ayuda a construir algunas relaciones entre estos códigos, definiendo un panorama cercano de la forma como los estudiantes están relacionándolos. Así, mediante el paquete ATLAS.ti se diseñó una red de códigos según lo observado durante el análisis de los informes. En la figura 3.16 se da un ejemplo claro de estas relaciones.

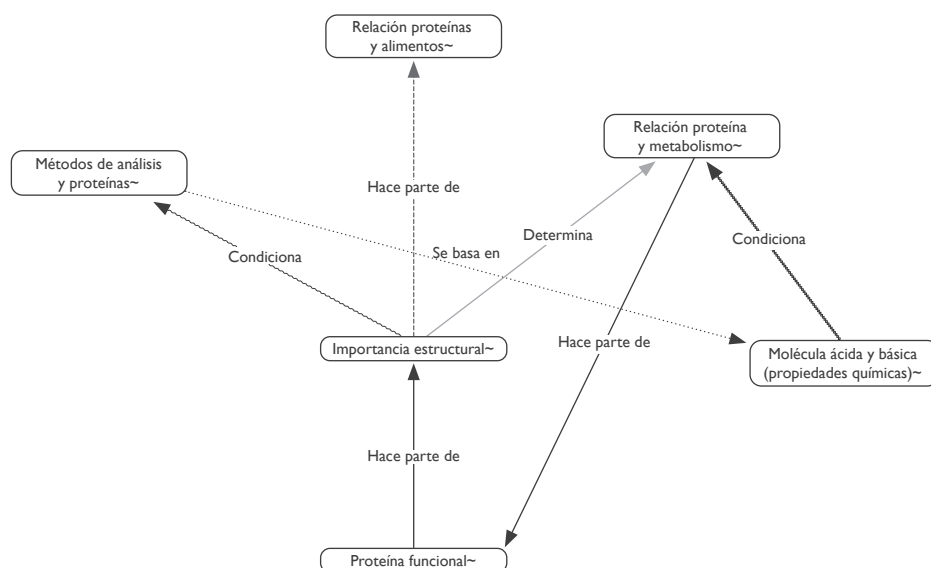


Figura 3.16. Red de códigos derivada del informe de los estudiantes 40, 43 y 68

Fuente: elaboración propia con base en el análisis de los informes de laboratorio.

Las relaciones entre códigos muestran cómo los estudiantes están interpretando los conceptos y cómo contrastan los saberes. En este caso, se destaca la importancia estructural de las proteínas como el centro de la explicación, se vinculan características como, por ejemplo, las funciones de las proteínas, donde las estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria, presumiblemente están siendo entendidas como parte fundamental para definir funciones tales como construcción de tejido, molécula aportante de energía, molécula con función enzimática y en procesos de transporte. Se evidencia el vínculo de la importancia estructural con los alimentos, así como el papel fundamental que tienen las proteínas del gluten en la harina de trigo y su comportamiento en la producción de pan.

Por otro lado, un grupo formado por un estudiante pragmático y otro reflexivo condiciona la relación proteína y metabolismo con las propiedades químicas, e indirectamente supedita las funciones de las proteínas a la relación con el metabolismo. Por último, surge el tema 4, Métodos de análisis y proteínas, en el que, al parecer, los estudiantes consideran que las propiedades químicas y la estructura de las proteínas definen el método de análisis que debe emplearse.

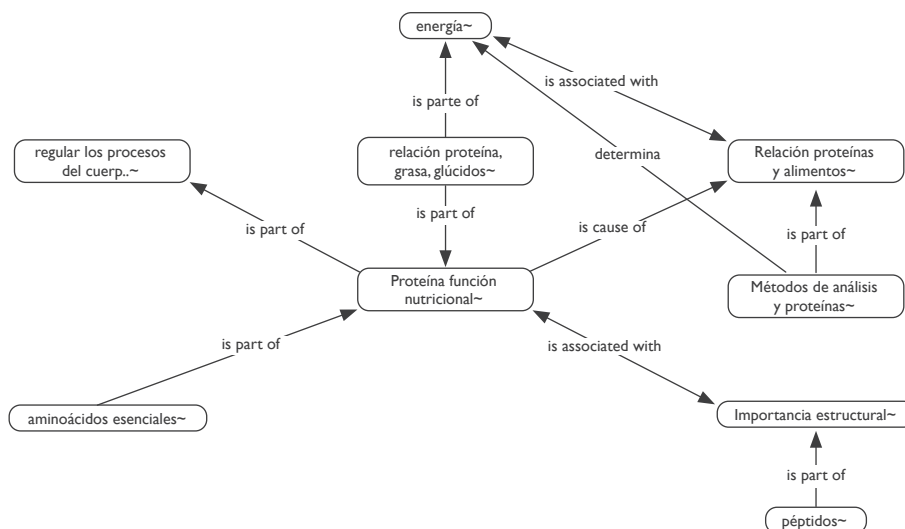


Figura 3.17. Red de códigos derivada del informe de los estudiantes 36 y 39

Fuente: elaboración propia con base en el análisis de los informes de laboratorio.

La figura 3.17 muestra otra red de códigos donde el grupo formado por un estudiante pragmático y otro reflexivo centra su análisis alrededor de las características funcionales de las proteínas, la importancia estructural, los procesos metabólicos, los aminoácidos esenciales y la relación proteína, grasa y glúcidos como parte de las características funcionales. En esta red se destaca la inclusión de la relación proteínas, grasa y glúcidos, como moléculas que aportan energía, asociadas a los alimentos y a los métodos de análisis, con lo cual se acercan al propósito de explicar los problemas de desórdenes alimentarios planteados en el problema general.

A pesar del papel importante que tienen las prácticas de laboratorio, se encuentra que no siempre esta es la herramienta didáctica más adecuada, debido a las características particulares de los estudiantes y a condiciones no controladas. Es el caso del grupo formado por un estudiante con estilo de aprendizaje teórico

y otro con estilo de aprendizaje reflexivo. Se observa el poco uso de códigos para analizar los resultados, razón por la cual las relaciones presentadas en la red no evidencian cierto grado de complejidad, lo que es indicador de una discusión profunda del tema. En la figura 3.18, se observa la red construida a partir del análisis realizado al informe de laboratorio de los estudiantes 30 y 38.

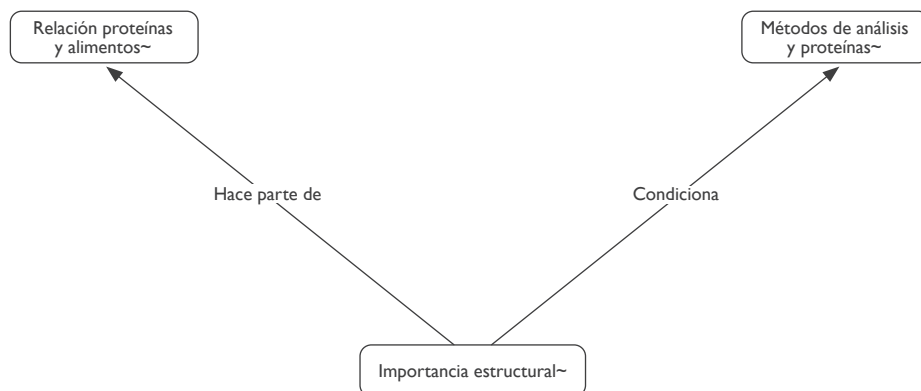


Figura 3.18. Red de códigos derivada del informe de los estudiantes 30 y 38

Fuente: elaboración propia con base en el análisis de los informes de laboratorio.

Esta red muestra que los estudiantes utilizaron solamente tres códigos, que relacionan con la importancia estructural de las proteínas como elemento esencial para seleccionar el método de análisis. Además, que consideraban la estructura de las proteínas como parte de la relación proteínas y alimentos. Se presume entonces que el trabajo de laboratorio no es la mejor herramienta para estos dos estudiantes debido a la tendencia netamente algorítmica del análisis de resultados.

Foro virtual

Es indudable que en los últimos años las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han convertido en una herramienta ampliamente utilizada en los procesos educativos. Son numerosos los estudios realizados alrededor de ellas y en los cuales las plataformas como Moodle o Blackboard ofrecen muchas alternativas para facilitar el trabajo de profesores y alumnos, a tal punto que herramientas como el chat, el correo electrónico, las redes sociales y los foros de discusión son una necesidad en las relaciones interpersonales del mundo actual. Por esta razón, en común acuerdo con los estudiantes, se planteó un foro de discusión alrededor de la temática de proteínas. Un grupo de estudiantes lideró la discusión. En la figura 3.19 se observa un ejemplo del ejercicio realizado.

Quiero iniciar preguntando lo siguiente: el Sr Wylie Dufresne habla de la relación cocción y desnaturalización de proteínas, en qué sentido plantea esta relación? y que importancia creen ustedes que puede tener con las estructuras de las proteínas?

Promedio de calificaciones: -

Mostrar mensaje anterior | Editar | Partir | Borrar | Responder

Re: Proteínas, cocina y nutrición
de Cristian Eduardo Cortes Aguilón - Viernes 18 de marzo de 2016 15:24

La importancia que cita este profesor es que las proteínas tienen unas temperaturas en las cuales son estables, debido a esto nuestro cuerpo mantiene una temperatura con el fin de mantenerlas estables, como tambien habla de algunos factores que vuelven las proteínas inestables, factores que estan presentes en la cocción de los alimentos

Promedio de calificaciones: 30 (1) 30

Mostrar mensaje anterior | Editar | Partir | Borrar | Responder

Re: Proteínas, cocina y nutrición
de Rodrigo Rodríguez Cepeda - sábado 19 de marzo de 2016 8:52

Cristian, cuales son esos factores y como los explica desde la química? que implicación tendrían estos factores en una dieta rica en proteínas, como es el caso de la dieta Dukan?

Promedio de calificaciones: -

Mostrar mensaje anterior | Editar | Partir | Borrar | Responder

Re: Proteínas, cocina y nutrición
de Jeimi Lorena Barreto Delgadillo - domingo, 20 de marzo de 2016, 22:33

El señor Wylie Dufresne se basa en creaciones culinarias para centrarse en las transformaciones físicas de los alimentos y las propiedades que estos poseen, todo esto en torno al uso de la enzima Transglutaminasa, o el famoso pegamento de carne, el cual facilita la reacción entre dos aminoácidos que aparecen en muchas proteínas como la glutamina y lisina. la creación de un enlace covalente entre los dos, es decir "pegados", o juntos, para el caso de la relación cocción y desnaturalización de proteínas el menciona que cuando la temperatura es muy baja no habrá suficiente energía para efectuar la reacción (es decir, la enzima no efectúa la unión entre las proteínas, para que esta reacción sea más efectiva), y ya cuando es muy alta la temperatura la proteína "muere", como ejemplo se retoma la desnaturalización de proteínas en la cocción del huevo, la clara del huevo está compuesta por agua y albuminas, un tipo de proteínas. Al aumentar la temperatura las proteínas de la clara del huevo se desnaturalizan perdiendo solubilidad y la clara del huevo deja de ser líquida y transparente para ser opaca de color blanco y sólida, para que la proteína no se desnaturalice otros factores que entran en juego son el nivel de pH, la polaridad del disolvente y la fuerza iónica.

Respecto a la dieta Dukan que es a base de proteínas, es importante mencionar que en la etapa de cocción de carnes y pescados, más exactamente durante el

Figura 3.19. Participación en foro virtual sobre proteínas
Fuente: <http://itaemoodle.pedagogica.edu.co/mod/forum/discuss.php?d=10023>

Mediante el paquete *ATLAS.ti*, se analizaron los comentarios de los estudiantes, identificando algunos códigos o temas alrededor de los cuales se centró la discusión. En la tabla 3.11 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 3.11. *Códigos o temas utilizados en el foro virtual sobre proteínas según el análisis con ATLAS.ti*

Temas de discusión	Descripción
1. Alimentos, cultura y nutrición	Menciona la influencia de la cultura en la alimentación y su efecto en la nutrición por las proteínas consumidas.
2. Aminoácidos esenciales	Identifica los monómeros que conforman las proteínas, su importancia y sus características ácidas o básicas.
3. Calidad de proteína	Se refiere al valor nutricional, incluyendo el valor químico proteico.
4. Calidad del alimento	Define la calidad de un alimento desde su contenido proteico, pero especialmente desde la presencia de los aminoácidos presentes; en este sentido, un alimento será de mejor calidad cuando la proteína aporta todos los aminoácidos esenciales.
5. Energía	Considera la proteína como molécula aportante de energía.
6. Importancia estructural	Se refiere a la importancia del ordenamiento de los aminoácidos en la estructura, sus grupos ácidos y el nitrógeno presente.
7. Medioambiente	Menciona el efecto en el medioambiente por la producción de alimentos como fuente de proteínas.
8. Propiedades físicas, químicas y biológicas	Hace referencia a la importancia química, física y biológica de las proteínas de fuentes alimenticias.
9. Proteínas e industria	Señala la importancia de las proteínas en la industria, los efectos en la transformación de los alimentos y el diseño de plantas industriales.
10. Proteínas y dieta	Las proteínas como nutriente principal en la dieta, su importancia y efectos
11. Proteínas y función enzimática	Las proteínas como enzimas, funciones, cinética y su control bioquímico
12. Proteínas y función nutricional	La molécula y su importancia nutricional
13. Proteínas y relación con fisiología	Relaciona el aprovechamiento de la proteína en el organismo con lo fisiológico, el estado de salud y aspectos socioeconómicos.
14. Proteínas y salud	Referencia el riesgo en la salud por el exceso o el no consumo de las proteínas.

Temas de discusión	Descripción
15. Proteínas y sistema biológico	Presenta una relación entre las fuentes de proteínas, el sistema ecológico, la correlación entre cultura, plantas, agua, insectos, como una simbiosis de un sistema biológico.
16. Proteínas y sociedad	La relación de las proteínas, la salud y las presiones de la sociedad.
17. Proteínas y toxinas	Proteínas como moléculas peligrosas para la salud, ya que las toxinas son proteínas y que pueden ser consumidas en los alimentos.
18. Relación proteína y metabolismo	Identifica la relación entre las proteínas y los procesos metabólicos.
19. Relación proteínas y alimentos	Plantea una clasificación de los alimentos desde la cuantificación de la proteína, entre ricos en proteínas o en bajo contenido de proteína.
20. Relación proteínas y grasa	Hace referencia a la relación entre proteínas, glúcidos y lípidos en función del aporte calórico (energía).
21. Valor biológico de la proteína	Hace referencia a la identificación del valor real de aprovechamiento de la proteína en los procesos bioquímicos.

Fuente: elaboración propia.

El foro virtual de discusión, como escenario para debatir y llegar a consensos, mostró su utilidad para resolver el problema planteado y surgió como un complemento importante al trabajo en el laboratorio. Con el foro se observó la inclusión de nuevos puntos de reflexión que no fueron tenidos en cuenta durante la discusión de los resultados obtenidos en la práctica de laboratorio. Esto logró desarrollar una actividad de intercambio e interacción entre los estudiantes, en un ambiente propicio para exponer libremente las posturas frente a la problemática de salud, donde el profesor y los estudiantes tienen la posibilidad de exponer ideas y opiniones, además de analizar de forma crítica los aportes de los demás. Al respecto, Moya (2008) menciona que un foro académico es el más indicado para los diálogos argumentativos y pragmáticos, lo cual facilita la orientación hacia la indagación y la reflexión sobre los conceptos en discusión.

Durante el foro virtual se retomaron 8 de los 14 códigos o temas trabajados en el informe de laboratorio, reforzando el carácter complementario entre las dos actividades para construir y reconstruir conceptos y promover la construcción argumentada de ideas. Los códigos o temas retomados fueron:

- Aminoácidos esenciales
- Calidad de proteína

- Energía
- Importancia estructural
- Proteínas y función nutricional
- Relación proteína y metabolismo
- Relación proteínas y alimentos
- Valor biológico de la proteína

Se destaca el intento por relacionar el tema netamente bioquímico con la salud, la nutrición, lo industrial, el medioambiente y el impacto que tiene la cultura y la sociedad, mediante reflexiones, consultas y hallazgos realizados por los participantes del foro. Gracias a esto, se lograron puntos de encuentro entre temas aparentemente alejados de lo científico, pero analizados en forma integral. Esta característica ha sido mencionada por otros autores, quienes consideran que es posible reforzar el aprendizaje, así como desarrollar habilidades sociales y comunicativas mediante foros (Ornelas, 2007). En este sentido, la figura 3.20 muestra el porcentaje de utilización de estos códigos durante la realización del foro.

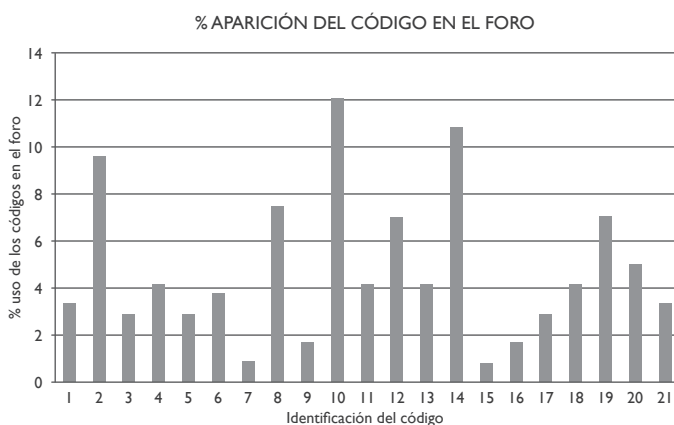


Figura 3.20. *Uso de los códigos durante el foro sobre proteínas*

Fuente: elaboración propia.

Los resultados presentados en la figura 3.20 y en la tabla 3.11 mostraron claramente el protagonismo de la relación proteínas y dieta (código/tema 10), seguido de la relación con la salud (código/tema 14) y los aminoácidos esenciales (código/tema 2). Aquí la identificación de los aminoácidos esenciales como las unidades monoméricas de las proteínas, junto con sus características físicas y químicas se toman como base para explicar la problemática de los desórdenes alimentarios,

especialmente el sobrepeso y la obesidad, e incluso la anorexia, vinculando así la salud y la dieta a la discusión. También se destaca la inclusión de conceptos relacionados con la problemática industrial por la transformación de los alimentos, el problema de las proteínas como toxinas que pueden ser consumidas en los alimentos, así como la influencia cultural en el consumo de alimentos y el problema ambiental generado por la producción masiva de alimentos.

Dada la riqueza y la complejidad de temáticas o criterios logrados en el foro virtual de discusión, fue necesario agrupar los códigos en familias, teniendo en cuenta aspectos similares que los identifican. Lo anterior facilitó el análisis de relaciones existentes entre los conceptos abordados. En la tabla 3.12 se presentan las familias y los códigos que las integran.

Tabla 3.12. *Familias de códigos identificados en el foro virtual sobre proteínas*

Familia	Códigos	Descripción
Salud	Aminoácidos esenciales (2)	Las proteínas desde el punto de vista médico por su influencia en la salud.
	Calidad del alimento (4)	
	Proteínas y dieta (10)	
	Proteínas y función nutricional (12)	
	Proteínas y salud (14)	
	Proteínas y toxinas (17)	
	Relación proteína y metabolismo (18)	
	Relación proteínas y alimentos (19)	
	Relación proteínas y grasa (20)	
Cultura y sociedad	Alimentos, cultura y nutrición (1)	Se define la idea de que las proteínas vinculadas indirectamente con los alimentos consumidos se ven afectadas por las creencias culturales y lo que imponga la sociedad.
	Medioambiente (7)	
	Proteínas e industria (9)	
	Proteínas y sociedad (16)	
Bioquímico	Aminoácidos esenciales (2)	Se analiza la implicación de las proteínas en la bioquímica, incluyendo sus características químicas, físicas, la importancia de las estructuras, su función enzimática entre otros aspectos.
	Calidad de proteína (3)	
	Energía (5)	
	Importancia estructural (6)	
	Propiedades físicas químicas y biológicas (8)	
	Proteínas y función enzimática (11)	
	Proteínas y sistema biológico (15)	
	Relación proteínas y grasa (20)	

Fuente: elaboración propia.

Las implicaciones bioquímicas generadas por las proteínas pueden ser analizadas mediante temáticas de interés para los estudiantes, como lo demuestra el foro virtual realizado, donde la discusión se llevó al campo de la salud, pasando por la importancia de la cultura y las concepciones de la sociedad frente a los alimentos, como lo demuestra la tabla 3.12.

Los códigos agrupados en las familias Bioquímico, Salud, Cultura y sociedad tienen la ventaja de facilitar el análisis de las relaciones entre los conceptos y de las relaciones generadas durante la discusión en el foro virtual. Para ello, se elaboraron redes de códigos y familias de códigos que muestran la complejidad de la discusión, el nivel de habilidad para expresar el conocimiento, el nivel de comprensión de la temática, la construcción colectiva de nuevos conceptos y la fundamentación teórica de los comentarios expresados por cada participante, con lo cual se espera que el proceso lleve a un aprendizaje significativo.

Consideraciones

En la figura 3.21 se muestra la red de relaciones entre los códigos que conforman las familias Bioquímico y Cultura y sociedad con la familia Salud. La familia de códigos sobre la salud como eje central de la discusión establece relaciones directas con el código de aminoácidos esenciales, concebidos como las unidades monoméricas de las proteínas, que proporcionan características físicas y químicas que afectan la salud por la deficiencia de alguno de estos aminoácidos. Se resalta la importancia estructural de la proteína desde el ordenamiento de los aminoácidos, hasta la presencia de grupos funcionales que definen su relación con sistemas biológicos, entendidos como la simbiosis entre plantas, insectos, agua, y la ecología.



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del foro.

Otro aspecto importante es la forma como los estudiantes relacionaron el problema de la salud con los procesos de transformación industrial de los alimentos y, por tanto, el efecto sobre las proteínas, asociando la transformación a los efectos sobre el aporte calórico de un alimento, donde los glúcidos y las grasas tienen un papel importante. Esta relación muestra que los estudiantes logran vincular la problemática industrial del diseño de plantas de producción y la transformación de alimentos con los efectos sobre la salud.

Otro punto destacable es la relación existente entre la problemática de la salud y los aspectos culturales. Los estudiantes mencionaron que la cultura determina el tipo de alimentación; por ejemplo, algunas no consumen carne de res, otras ingieren insectos como fuente de proteína. Estos aspectos culturales definen las características industriales acordes a esos requerimientos particulares. En consecuencia, el medioambiente se afecta, además de las presiones sociales, especialmente en la concepción de belleza y su influencia en la alimentación.

En conclusión, los estudiantes reflexionaron, desde su punto de vista y con los argumentos logrados a lo largo de las actividades, sobre la relación de los conceptos bioquímicos asociados a las proteínas con la cultura, la sociedad y la salud. Esto sugiere la riqueza de las actividades realizadas mediante el intercambio de información y conocimientos, con las cuales se construyen relaciones entre conceptos, se refuerzan o se transforman las existentes. Por tanto, el uso del foro virtual emergió como una buena herramienta para debatir alrededor de un problema con el objetivo de resolverlo, proyectándose como una vía de aplicación en la resolución de problemas y el aprendizaje significativo de conceptos.

En la figura 3.22 se presentan las redes de relaciones entre los códigos que conforman las familias Cultura y sociedad y Bioquímico con Salud. En ellas se observa con mayor detalle la forma como los estudiantes conciben la relación sociedad y salud, debido a la influencia cultural y los patrones sociales.

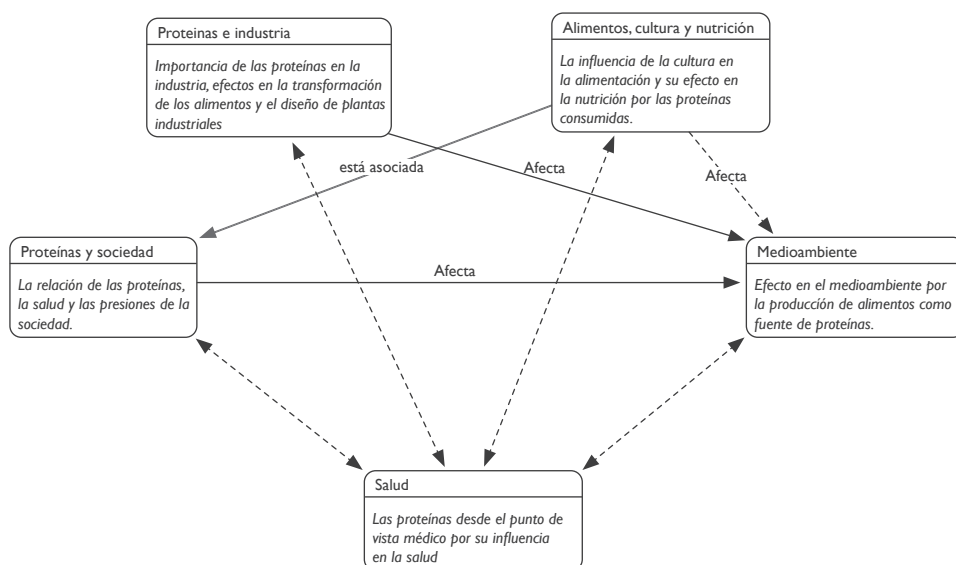


Figura 3.22. Red de códigos relacionados entre cultura, sociedad y salud

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del foro.

El lenguaje científico mucho más elaborado que el utilizado en el pretest da cuenta de la evolución cognitiva lograda hasta el momento y les permite explicar los problemas de la salud y su relación con las proteínas.

La actividad del foro promovió la discusión argumentada frente a la influencia cultural y social sobre la salud. Los conceptos principales sobre los que se centró la discusión muestran una fuerte relación entre la cultura, la sociedad y el medioambiente, mientras los problemas industriales parecen estar asociados como una consecuencia adyacente a dichas relaciones.

Mapa conceptual

Como actividad de cierre, los estudiantes hicieron un mapa conceptual, sobre el cual se realizó un análisis cualitativo para identificar el aprendizaje de conceptos alrededor de las proteínas.

En la elaboración del mapa conceptual, los estudiantes utilizaron un listado de 19 conceptos (véase anexo 2) y tuvieron la libertad de incluir otros conceptos si lo consideraban pertinente. En la tabla 3.13 pueden observarse los conceptos propuestos, organizados en tres temas.

Tabla 3.13. *Conceptos propuestos para el mapa conceptual sobre proteínas*

Tema	Conceptos
Química	Proteínas
	Aminoácidos
	Péptidos
	Estructura primaria
	Puentes de hidrógeno
Bioquímica	Enzimas
	Cinética
	Alostérico
	Energía de activación
Alimentos y salud	Nutrición
	Valor químico
	Valor biológico
	Agua
	Energía
	Huevo
	Carne
	Frijol
	Cocina
	Textura de alimentos

Fuente: elaboración propia.

Con la información recolectada, se pudo analizar cualitativamente el aprendizaje de los estudiantes en relación con los tres temas propuestos, incluyendo los conceptos no establecidos en el listado, pero importantes para ellos.

En la figura 3.23 se observa un ejemplo de mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo (estudiante 98), digitalizado con el programa CmapTools, en el cual se observan los conceptos propuestos por el profesor y los incluidos por el estudiante.

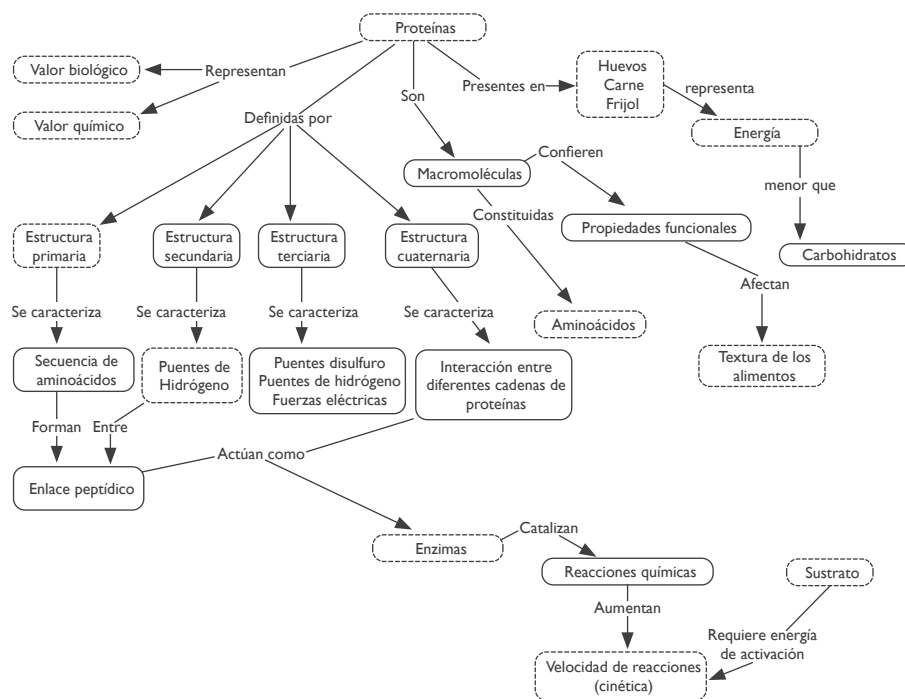


Figura 3.23. Mapa conceptual sobre proteínas de un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 98.

El mapa conceptual muestra claramente que el estudiante no utilizó todos los conceptos propuestos por el profesor, lo cual evidencia algunas dificultades para relacionar con mayor detalle los conceptos científicos vinculados con el estudio bioquímico de las proteínas. Este supuesto lo refuerza la estructura misma del mapa conceptual, en la que se identifican tres grandes líneas de discusión:

- Los alimentos (huevos, carne y frijol) como fuente de energía, comparada con los carbohidratos, pero no incluye un análisis más profundo de las características propias de cada fuente de proteína, teniendo en cuenta que los tres alimentos cuentan con proteínas diferentes como la estructura primaria, su funcionalidad, su valor químico y biológico, entre otras características.
- Las proteínas como macromoléculas formadas por aminoácidos que confieren propiedades funcionales a los alimentos como la textura.
- Las proteínas definidas por las estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria, las cuales tienen algunas características físicas y químicas

que definen su función como enzimas, que influyen en la cinética química. Aunque esta línea está trabajada con un poco más de profundidad que las anteriores, se observa la falta de claridad en el concepto de enzima, la cual es asumida como un catalizador que aumenta la velocidad de reacción, desconociendo la función reguladora de reacciones.

Si bien este mapa conceptual tiene algunas debilidades, es clara la evolución cognitiva lograda hasta el momento, puesto que este es más elaborado y complejo que el presentado como pretest.

En la figura 3.24, puede observarse el mapa conceptual elaborado por el estudiante 27, quien cuenta con un estilo de aprendizaje teórico.

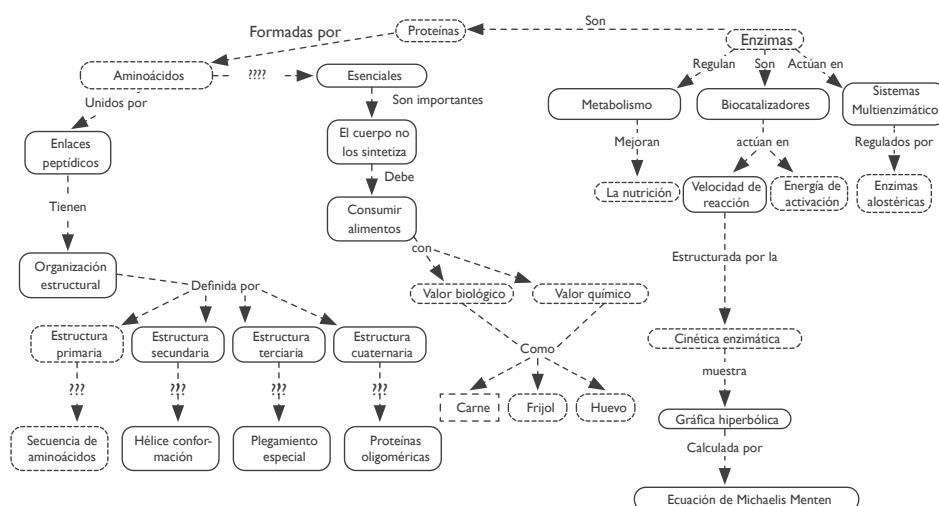


Figura 3.24. Mapa conceptual sobre proteínas de un estudiante con estilo de aprendizaje teórico

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 27.

Desde el punto de vista estructural, este mapa conceptual tiene errores por la ausencia de conectores entre conceptos, lo cual pone en duda la claridad de las proposiciones elaboradas. No es fácil determinar si este error se debe a la inexperiencia en la elaboración de mapas conceptuales o es un problema real de dificultades para verbalizar el conocimiento en proposiciones, aspecto que requiere de un estudio a profundidad, fuera del alcance de esta investigación.

En este mapa conceptual se identifica claramente la dificultad para proponer relaciones entre proposiciones. Un ejemplo claro es que el estudiante intentó relacionar el concepto aminoácidos con aminoácidos esenciales, pero no utilizó

un conector apropiado dejando la proposición inconclusa; por tanto, esta no es válida. Algo similar sucede con la falta de conectores entre las estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas con las características propias de cada una de ellas.

Se resalta el uso de conceptos diferentes a los recomendados por el profesor, con los que complementa la explicación de las proteínas desde tres aspectos:

- Desde su función como enzima dentro del metabolismo, como biocatalizador y como mezcla multienzimática, involucra conceptos como velocidad de reacción, energía de activación, cinética y nutrición, entre otros.
- Desde la estructura de las proteínas, involucra el tipo de enlace formado y las características de las cuatro estructuras.
- Desde la presencia de aminoácidos esenciales, los cuales le confieren a las proteínas un valor químico y biológico, características importantes que definen su importancia nutricional.

Tanto en este mapa conceptual como en el presentado en la figura 3.23, se observa una gran dificultad para establecer relaciones entre conceptos de orden superior y los subordinados. Esto se evidencia en estructuras jerárquicas aisladas, lo cual sugiere que los conceptos científicos aprendidos no están suficientemente anclados a la estructura cognitiva de los estudiantes.

En general, los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes mostraron evolución cognitiva en comparación con el pretest, ya que eran más complejos, jerárquicamente mejor elaborados e incluían nuevos conceptos, diferentes a los propuestos inicialmente, aspecto que pudo ser una consecuencia de las actividades desarrolladas. Sin embargo, también se identificaron dificultades en la elaboración de las proposiciones debido a la falta de conectores entre conceptos de orden superior y subordinados, así como la falta de relaciones cruzadas. Lo anterior sugiere la continuidad del aprendizaje, siendo este el punto de partida para trabajar sobre estas dificultades y proponer nuevas actividades.

Sobre los glúcidos

Para desarrollar el tema de los glúcidos se partió de los retos frente a enfermedades como hipoglicemia, hiperglicemia y diabetes, por lo que se planteó el siguiente problema: *¿Cuál es el papel de los glúcidos en los procesos bioquímicos y su incidencia en estas enfermedades? ¿Cuál sería la recomendación de dieta para una persona con problemas de azúcar?, ¿cómo lo sustentaría desde la bioquímica?* (véase anexo 2).

Ejercicio de indagación

Con el fin de responder al problema planteado, los estudiantes buscaron información en diversas fuentes, seleccionadas según su criterio. Luego expusieron las propuestas de solución a las preguntas, las socializaron en clase y entregaron un resumen escrito al profesor. En la tabla 3.14 se presentan algunas de las propuestas de los estudiantes.

Tabla 3.14. *Función de los glúcidos según la indagación realizada por los estudiantes*

Estudiante / estilo de aprendizaje	¿Cuál es el papel de los glúcidos en los procesos bioquímicos y su incidencia en estas enfermedades?	¿Cuál sería la recomendación de dieta para una persona con problemas de azúcar?, ¿cómo lo sustentaría desde la bioquímica?
Estudiante 43 / reflexivo	• Proporcionar energía	• Dieta rica en vegetales y baja en proteínas y almidones. • Conteo de carbohidratos según cada individuo. • No sustenta desde la bioquímica.
Estudiante 30 / teórico	• Fuente de energía • Función estructural	• Para hipoglucémicos, dieta rica en fibra soluble. • Bioquímicamente el problema es con la insulina en el páncreas.
Estudiante 41 / activo	• Fuente de energía • Síntesis de glicógeno	• Dieta rica en fibra. • No hay explicación desde la bioquímica.
Estudiante 81 / pragmático	• Aporte de energía • Formación de ácidos nucleicos • Componente de glicoproteínas	• Dieta baja en azúcar para controlar el ciclo de Krebs.
Estudiante 89 / multiestilo	• Función estructural y metabólica • Energía • Glicoproteínas • Parte de anticuerpos	• Dieta controlada en carbohidratos. • No presenta una explicación desde la bioquímica.

Fuente: elaboración propia con base en los resúmenes de los estudiantes.

Las primeras indagaciones realizadas por los estudiantes mostraron la tendencia generalizada de denominar a los glúcidos como carbohidratos, término que se ajusta a lo recomendado por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) desde 1996, que equipara los dos conceptos casi como sinónimos, siendo este un buen indicador del conocimiento adecuado de la nomenclatura internacional.

Frente a la pregunta problema, los estudiantes elaboraron una respuesta elemental sobre los carbohidratos y su función bioquímica, limitándola a su papel como molécula aportante de energía. Muy pocos mencionaron su importancia como parte integrante en la estructura de las glicoproteínas en el sistema inmunitario y en ningún caso hacen referencia a la relación entre la glucosa y su influencia en la memoria.

El no plantear puntos de relación entre la bioquímica y las enfermedades propuestas en el problema evidencia la dificultad de vincular los conceptos científicos con el entorno. Por ejemplo, cuando se les pidió indagar sobre las dietas recomendadas para las personas que sufren de enfermedades como diabetes, hipoglicemia o hiperglicemia y su explicación bioquímica, los estudiantes no respondieron con argumentos válidos tomados de la bioquímica; en algunos pocos casos hicieron un esfuerzo por incluir los conceptos químicos referidos a la insulina y al ciclo de Krebs, pero sin profundizar.

Estas dificultades han sido identificadas en otras áreas del conocimiento, especialmente en la enseñanza de la bioquímica para profesionales del área de la salud, entre las cuales, la bioquímica es considerada como una asignatura difícil y poco aplicable en una práctica clínica. En este sentido, se ha intentado enseñar la bioquímica en el contexto de la enfermedad o de un problema clínico, con lo cual se espera facilitar el aprendizaje mediante la transferencia en el campo del tratamiento de pacientes, apelando al aprendizaje basado en problemas, el uso de mapas conceptuales y la participación activa de los alumnos (Cea *et al.*, 2014; Surapaneni y Tekian, 2013).

Continuando con la metodología empleada en el tema de las proteínas, se acordó con los estudiantes realizar sesiones magistrales en las que el profesor actuaría como experto, sesiones experimentales y un foro, como vías para entender y lograr proponer soluciones al problema planteado.

Clase magistral

En esta etapa se trabajaron temas relacionados con los carbohidratos, entre otros: estructura química, clasificación según el número de átomos de carbono, nomenclatura, isomería, monosacáridos y polisacáridos, propiedades químicas y reacciones típicas. Además, en dichas clases se abordaron temas como bioquímica de la

producción de energía, relación con el sistema respiratorio y con las proteínas de transporte de oxígeno y las enzimas, todo ello enfocado a la bioquímica del cuerpo humano y su incidencia en la salud.

Se emplearon como recursos algunos artículos aportados por los estudiantes durante la indagación, videos, experimentos demostrativos, actividad física y otro material audiovisual. Estos materiales permitieron desarrollar una actividad donde los estudiantes y profesor intercambiaron conceptos y opiniones y se aclaran dudas.

Prácticas de laboratorio

Los trabajos experimentales en el laboratorio se propusieron con el fin de cuantificar los carbohidratos presentes en un alimento, definir su aporte de calorías, así como explicar sus reacciones. El orden de las actividades fue:

1. Con la orientación del profesor, se seleccionó un trabajo experimental de las diversas propuestas presentadas por los estudiantes; se planteó la identificación y cuantificación de carbohidratos por HPLC o identificación y cuantificación de carbohidratos en alimentos mediante el método de Lane-Eynon.
2. Los estudiantes se organizaron en grupos a su discrecionalidad, con el fin de permitirles cierta comodidad en su trabajo.
3. Los grupos realizaron una indagación previa para detallar y soportar teóricamente el método analítico seleccionado.
4. Un grupo de estudiantes lideró la práctica de laboratorio y, junto con el profesor, especificaron las necesidades de materiales, reactivos, equipos y procedimiento.
5. El grupo líder realizó una socialización detallada del procedimiento y coordinó las actividades en el laboratorio.
6. Los grupos entregaron un informe final de laboratorio, el cual incluye título, objetivos, resultados y análisis, conclusiones y bibliografía. Esta estructura se acordó entre profesor y estudiantes.

En la práctica de laboratorio se seleccionó un alimento, al cual se le extrajeron los carbohidratos; estos se cuantificaron mediante titulación según el método de Lane-Eynon. La reacción generada fue de oxidación-reducción. Al finalizar, los estudiantes elaboraron el informe y este se evaluó utilizando el paquete estadístico ATLAS.ti.

Evaluación de informes

Mediante el uso del programa ATLAS.ti se identificaron 15 temas alrededor de los cuales los estudiantes desarrollaron la discusión de los resultados, la indagación bibliográfica y las conclusiones propuestas al finalizar la práctica experimental (véase tabla 3.15).

Tabla 3.15. *Códigos o temas relacionados con los glúcidos presentes en los informes de laboratorio según el análisis con ATLAS.ti*

Temas	Descripción
1. Características estructurales	Hace referencia a los grupos funcionales aldehído y cetona de los carbohidratos.
2. Clasificación	Muestra la clasificación de los carbohidratos.
3. Composición en alimentos	Muestra el contenido de carbohidratos que aportan calorías en los alimentos.
4. Composición química de la fibra	Se refiere a la composición química de polisacáridos presentes en la fibra.
5. Dieta	Establece la relación entre carbohidratos y la dieta en función de los problemas de salud.
6. Funcionalidad	Se refiere a la funcionalidad de los carbohidratos en los alimentos, los cuales les confieren características sensoriales.
7. Importancia de la fibra	Especifica el papel de la fibra como un polisacárido en los alimentos y en la salud.
8. Importancia nutricional	Menciona la importancia nutricional de los carbohidratos como molécula que aporta energía.
9. Método analítico	Muestra el método analítico para determinar carbohidratos en alimentos.
10. Método analítico para fibra	Hace referencia al método analítico para determinar fibra.
11. Reacciones químicas	Se refiere a las reacciones químicas propias de los carbohidratos.
12. Relación con el código genético	Hace referencia a su importancia en las moléculas de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).
13. Relación con el metabolismo	Identifica los procesos metabólicos de los carbohidratos.
14. Relación con lípidos	Hace referencia a la relación de los carbohidratos con los lípidos, desde el aporte calórico y la función nutricional.
15. Relación con proteínas	Muestra la relación con las proteínas, por ejemplo, con las enzimas.

Fuente: elaboración propia.

Las temáticas empleadas por los estudiantes evidencian el intento por relacionar los resultados obtenidos en el trabajo experimental con la problemática nutricional y sus consecuencias en la salud. En la figura 3.25 se muestra la distribución porcentual respecto al uso de las temáticas relacionadas en la tabla 3.15.

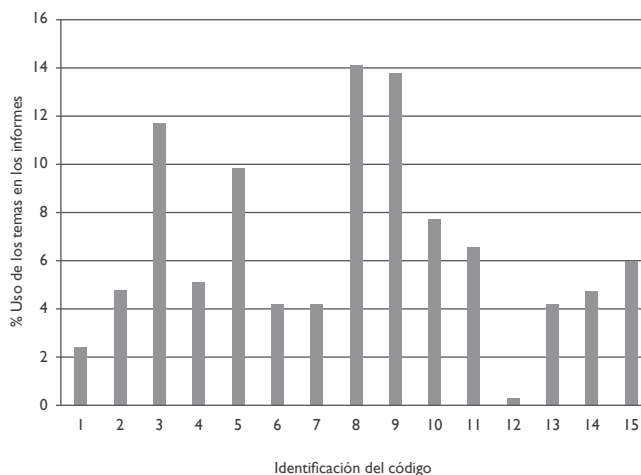


Figura 3.25. *Uso de los temas asociados a los glúcidos en los informes*

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, las temáticas centrales en el análisis de resultados fueron la importancia nutricional y el método analítico para determinar carbohidratos en alimentos (temas 8 y 9, respectivamente), así como su relevancia en los problemas de salud. En ambos casos el porcentaje de uso, consolidando todos los informes de laboratorio, se aproximó al 14 %.

La tendencia descrita muestra que, a pesar del trabajo realizado con el tema de proteínas, los estudiantes aún centran los análisis de resultados en la técnica analítica. Aspectos como desviaciones de los equipos empleados, cálculo matemático y errores experimentales, entre otros, se identificaron como los aspectos más discutidos en los informes. Por otra parte, se evidenció un intento por relacionar los resultados del laboratorio con la importancia nutricional y su efecto en la salud mediante el uso de datos teóricos. En la tabla 3.16 se presentan algunos de los comentarios realizados por los estudiantes.

Tabla 3.16. *Análisis de resultados reportados por los estudiantes en el informe acerca de los glúcidos*

Integrantes del grupo	Comentario
Estudiante 91	“El método volumétrico de Lane y Eynon (1923) calcula el volumen de una solución de prueba que se requiere para precipitar todo el cobre presente en una cierta cantidad de solución de Fehling de concentración conocida. En los últimos años ha habido grandes avances en lo que respecta a la comprensión de cómo influyen los carbohidratos en la nutrición y la salud diversas funciones que tienen los carbohidratos en el cuerpo y su importancia para gozar de una buena salud”.
Estudiante 83	
Estudiante 87	“Existen 4 elementos que pueden nutrir al cuerpo humano de energía, pero de estos cuatro, solo tres le aportan nutrientes; estos son los carbohidratos, las proteínas y las grasas. El cuarto elemento es el alcohol, que no aporta nutriente alguno excepto energía en la forma de calorías propiamente dicha. Los datos obtenidos muestran que la muestra contienen mínima cantidad de fibra, por lo cual este producto no es nutricional ya que la fibra es un componente importante en la dieta humana”.
Estudiante 71	
Estudiante 05	
Estudiante 79	“En el método de Lane Eynon (1923), el almidón de la muestra se reduce a glucosa por hidrólisis ácida. Luego se hace reaccionar sulfato cúprico con el azúcar reductor en medio alcalino, formándose óxido cuproso ya que los carbohidratos son capaces de reducir elementos como el cobre (Cu^{+2}) a Cu^{+1}, el cual forma un precipitado rojo ladrillo. Este método utiliza azul de metileno como indicador, el cual es decolorado una vez que todo el cobre ha sido reducido, lo que indica el fin de la titulación. El alimento presenta una composición favorable para la nutrición, desarrollo y crecimiento de los consumidores, ya que al contener en menor proporción los carbohidratos, fibra y cenizas, da como resultado una formación de reservas energéticas favorables. Esto favorece la absorción de nutrientes a nivel celular para regular los mecanismos metabólicos necesarios para proporcionar una buena calidad de vida en el organismo”.
Estudiante 02	
Estudiante 17	

Fuente: elaboración propia con base en los informes de laboratorio.

La composición en alimentos, identificado con el código 3, se destaca como otro de los temas importantes sobre el cual los estudiantes desarrollaron su discusión, tal es así que al consolidar el análisis de los informes de laboratorio se encontró una tendencia a relacionar proteínas, lípidos y carbohidratos cuando explicaban los resultados desde la distribución energética con la concentración de cada uno de ellos en los alimentos. Esto generó inquietud acerca del elevado contenido de carbohidratos en algunos alimentos y los problemas de salud. En la tabla 3.17 se presentan algunos de los comentarios realizados por los estudiantes al respecto.

Tabla 3.17. *Análisis de resultados del informe sobre glúcidos, en el que se incluye el tema Composición en alimentos*

Integrantes del grupo	Comentario
Estudiante 01 Estudiante 22	“La arveja es una de las legumbres que contiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, por lo que se destaca como una fuente importante de sacarosa y aminoácidos. Además, es un alimento con un contenido significativo de minerales (fósforo y hierro) y de vitaminas, especialmente b1. Como todas las leguminosas, es una importante fuente de fibra soluble e insoluble”.
Estudiante 46 Estudiante 58	“Dentro de los componentes nutritivos de la Solanum phureja el que se encuentra en mayor porcentaje es el agua que constituye casi un 80 % del total. Le siguen los carbohidratos que constituyen el 19 %”.
Estudiante 05 Estudiante 17	“Los biocompuestos en la fresa se encuentran presentes en bajas cantidades, ya que al analizar el fruto se obtuvieron resultados de 4,5 % para proteína, 5,6 % para carbohidrato y 3,2 % para grasa”.

Fuente: elaboración propia con base en los informes de laboratorio.

Los resultados muestran la ausencia de profundidad conceptual en bioquímica y evidencian la poca relación de los resultados con los efectos en los ciclos bioquímicos como el de Krebs, código genético o procesos vinculados a la memoria. Solamente un grupo hizo una alusión superficial a la importancia que tienen los carbohidratos en el código genético al expresar la presencia de la ribosa y la desoxirribosa en el material genético.

Este aspecto ha sido identificado por otros autores, quienes han mencionado que el metabolismo y la respiración celular son tópicos de alta dificultad para ser entendidos por parte de los estudiantes. Han reconocido tres dificultades principales en su enseñanza: las concepciones erróneas, y la persistencia de las mismas debido, muy probablemente, al nivel de cognición abstracto de los estudiantes,

lo cual hace que dichas concepciones erróneas permanezcan intactas a pesar de avanzar en los niveles educativos (Ross *et al.*, 2008).

Mediante el paquete estadístico de ATLAS.ti, se identificaron algunas de las relaciones existentes entre los temas (códigos) trabajados por los estudiantes en los informes de laboratorio, contando así con otra herramienta para observar los avances en el aprendizaje significativo.

Los resultados obtenidos en la práctica de laboratorio permitieron elaborar una red de relación de temas principales y secundarios en la discusión. En la figura 3.26 se observa un ejemplo de dichas relaciones.

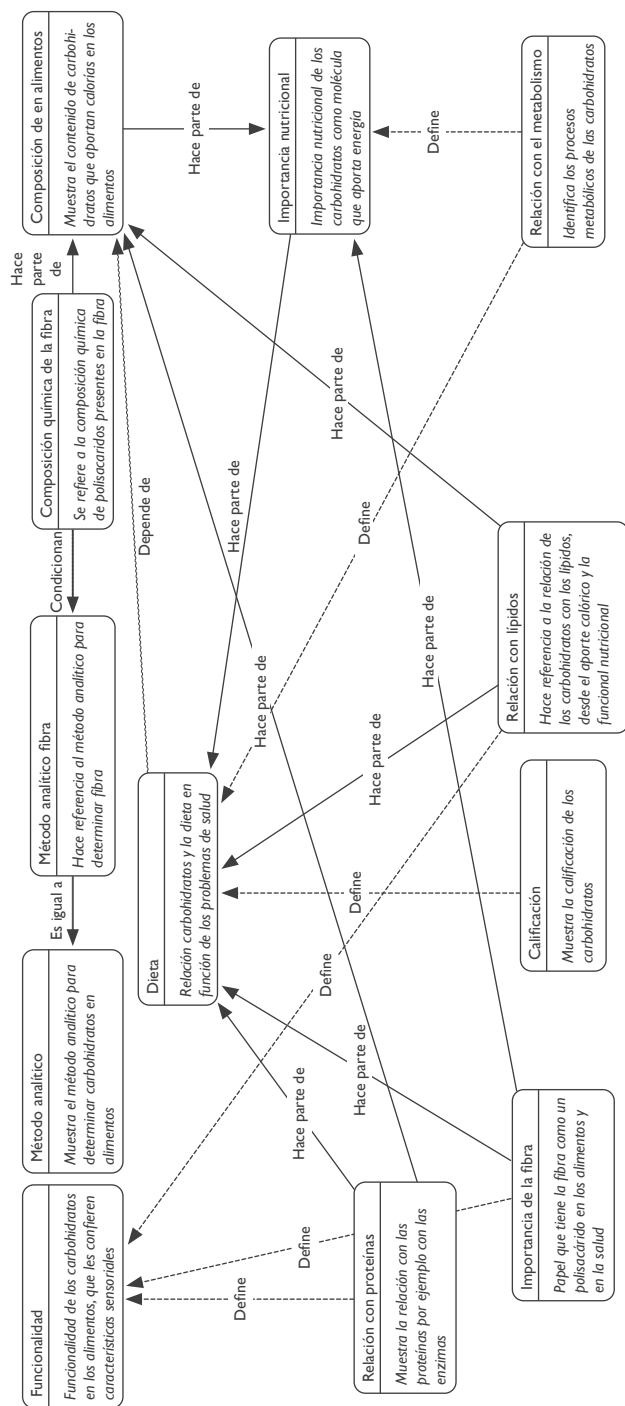


Figura 3.26. Red de temas derivada del informe sobre glúcidos de los estudiantes 5 y 17

Fuente: elaboración propia con base en el informe de los estudiantes.

Las relaciones entre los temas trabajados muestran que la dieta en función de la problemática de salud surgió como un aspecto fundamental para la discusión. Se evidencia un buen número de relaciones con otros temas. Probablemente para este grupo de estudiantes la dieta puede explicar aspectos como la nutrición, el fenómeno de metabolismo, la forma de interactuar con los lípidos y las proteínas, así como la importancia de la fibra como un polisacárido en el buen funcionamiento digestivo. Por tanto, se puede considerar como un tema integrador de conceptos, susceptible de utilizarse como base para la enseñanza de los conceptos asociados a los carbohidratos.

En la figura 3.27 se muestra otro ejemplo de red, donde la importancia nutricional de los carbohidratos como moléculas que aportan energía aparece como el tema central de la discusión sobre el cual se analizan las reacciones químicas de los carbohidratos, la composición nutricional en los alimentos, las características estructurales y el metabolismo.

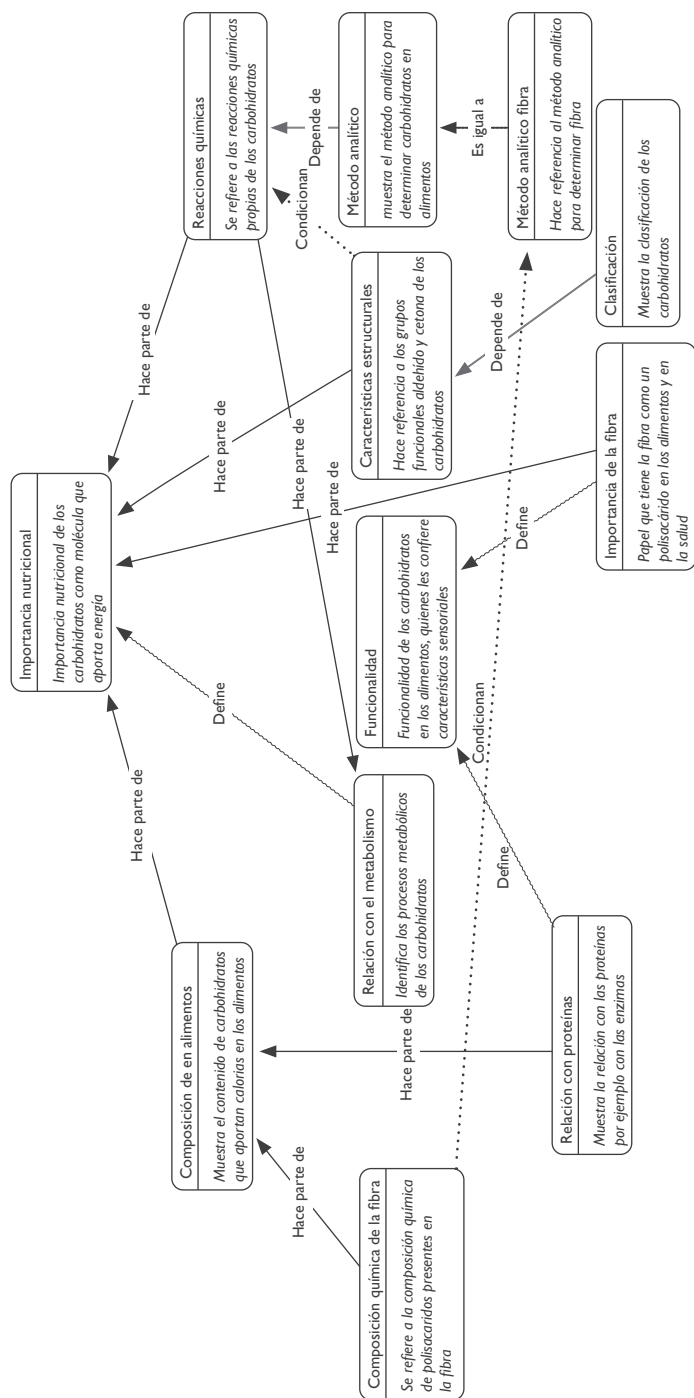


Figura 3-27. Red de tema derivada del informe sobre glúcidos de los estudiantes 14, 19 y 24

Fuente: elaboración propia con base en el informe de los estudiantes.

Para entender el efecto nutricional de los glúcidos, los estudiantes tendieron a relacionar temáticas netamente químicas como las reacciones químicas, las características estructurales y el metabolismo.

Las redes elaboradas al abordar la temática de glúcidos muestran una mayor complejidad en cuanto a la inclusión de los temas discutidos y la profundidad de análisis, en comparación con las redes elaboradas para la temática de proteínas. Este hecho puede indicar un mayor desarrollo en la estructura cognitiva de los estudiantes, así como una mayor adaptación al ejercicio propuesto en clase para abordar los conceptos de interés, al incluir nuevos conceptos que se relacionan entre ellos y con otros preexistentes.

A pesar de la mayor complejidad de las redes temáticas logradas al abordar los conceptos asociados a los glúcidos, aún persistían dificultades para relacionar temas propuestos con los centrales utilizados para la discusión, por lo que simplemente son mencionados en el informe pero se mantienen totalmente aislados de la discusión (véase figura 3.28).

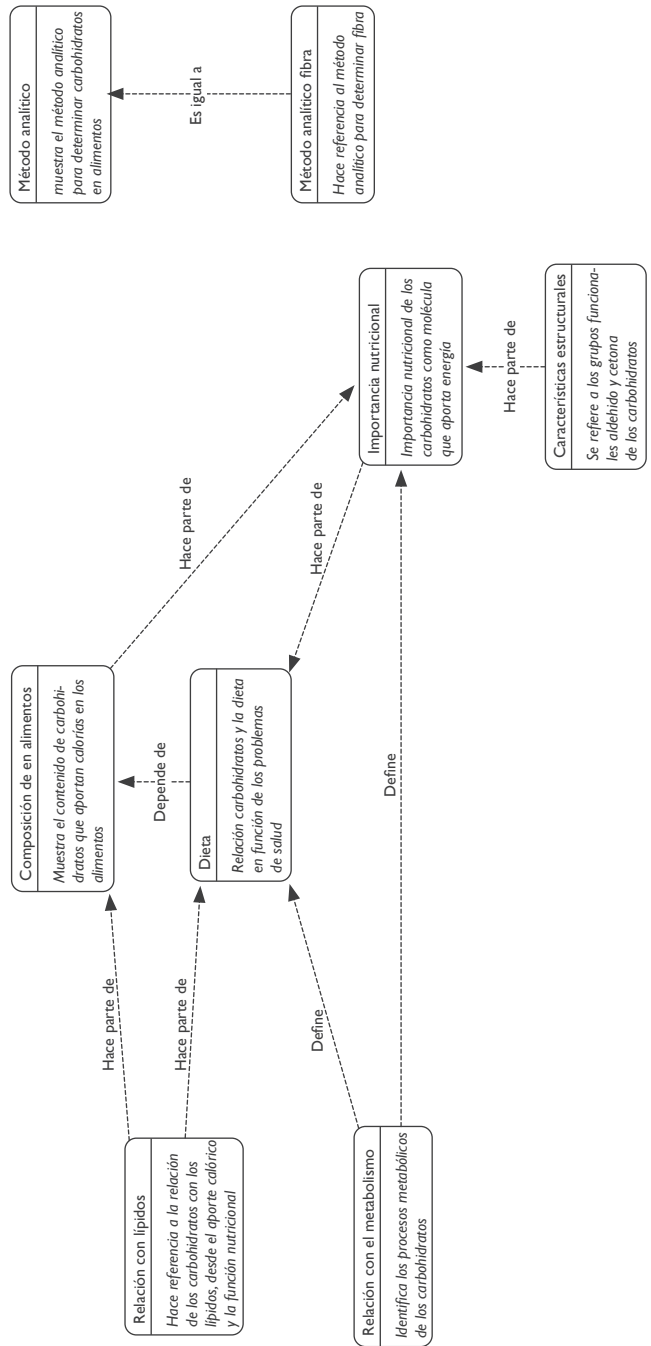


Figura 3.28. Red de temas derivada del informe sobre glúcidos de los estudiantes 3, 10, 70
Fuente: elaboración propia con base en el informe de los estudiantes.

En esta red se mencionan los métodos analíticos, pero no se relacionan directa ni indirectamente con la dieta, que es el tema principal propuesto para el análisis de resultados.

El uso de un tema central de discusión y el intento por relacionar los resultados con el problema de salud son los aspectos que caracterizaron los análisis de resultados del informe; sin embargo, se repitió la tendencia de preferir centrar la discusión alrededor de las dificultades netamente técnicas y algorítmicas, lo cual afectó de modo leve los resultados esperados con la práctica de laboratorio.

Foro virtual

Continuando con la mecánica acordada con los estudiantes, se propuso un foro virtual para discutir el problema planteado alrededor de los glúcidos y su incidencia en la salud. Un grupo de estudiantes lideró la discusión, teniendo cuidado de que fuera diferente al encargado de la temática de proteínas. En la figura 3.29 se observa un ejemplo del ejercicio realizado.

vale la pena mencionar que en la actualidad la obtención de miel se industrializó y es un negocio muy productivo ya que incluso a las abejas se les dota de fuentes diversas de dulce, llevando a que las mieles producidas en diversas fincas apícolas tienen características sensoriales particulares debido al tipo de alimento que se le proporciona a las abejas, por esto, la composición química de la miel, especialmente los componentes minoritarios, cambian.



Mercy Liliana
mayo 26. 2015 a las 8:52 pm

Gracias por tu aporte, aquí es importante que destaquemos el proceso metabólico de los carbohidratos para entender mejor como nuestro cuerpo produce energía para las funciones vitales...



Mónica Andrea Vinchira
mayo 26. 2015 a las 10:17 pm

Generalmente la producción de energía se debe al metabolismo de la glucosa; éste es el componente final al que deben llegar todas las estructuras complejas de los azúcares, tales como la sacarosa, el almidón, la miel de abejas, etc. Entonces al degradarse los azúcares en glucosa, entra a un proceso anaeróbico para producir piruvato (glucólisis); este proceso genera 2 moléculas netas de ATP. Luego el piruvato forma Acetil Co-A, que es la principal precursora para entrar al Ciclo de Krebs. Luego de obtener más moléculas de ATP, y formarse el CO₂, como un semicomponente final del proceso oxidativo y la energía neta, los hidrógenos son atrapados por agentes reductores que entran al proceso al transporte de electrones para formar finalmente H₂O, y 38 moléculas de ATP. Este proceso es realizado en las mitocondrias de las células vivas de todos los organismos; y enmarca el proceso de respiración celular.

Figura 3.29. Participación en foro virtual sobre glúcidos

Fuente: <http://quimicadeagroalimentos.wordpress.com>

Utilizando el paquete estadístico *ATLAS.ti*, se analizaron las participaciones de los estudiantes en el foro virtual, a fin de identificar los temas que abordaron en relación con los carbohidratos. La tabla 3.18 presenta los resultados.

Tabla 3.18. *Temas utilizados en el foro virtual sobre glúcidos según el análisis con ATLAS.ti*

Temas de discusión	Descripción
1. Agricultura	Relación de la industria agrícola y los carbohidratos, donde procesos como la polinización y la producción apícola permiten impulsar la industria alrededor de los carbohidratos.
2. Calidad de los alimentos	Discute la calidad de los alimentos que contienen carbohidratos.
3. Carbohidratos y célula	Hace referencia a los carbohidratos y los organelos de la célula.
4. Carbohidratos y salud	Relaciona los efectos en la salud por parte de los carbohidratos.
5. Ciclo de Krebs	Transformación de los carbohidratos en dióxido de carbono y ATP dentro del ciclo del ácido cítrico.
6. Composición de alimentos	Hace referencia a la composición nutricional de los alimentos, por lo que relaciona los carbohidratos con proteínas, lípidos, vitaminas, enzimas, minerales, pigmentos, etc.
7. Ecosistema	Efectos de la industrialización agrícola asociada a los carbohidratos sobre los ecosistemas.
8. Energía	Producción de calorías por parte de los carbohidratos para las funciones bioquímicas de los organismos vivos.
9. Fibra	La fibra como un carbohidrato con características particulares, estructurales y de funcionalidad de influyen en la calidad de los alimentos y en la salud.
10. Medioambiente	Relación entre medioambiente y producción de alimentos con carbohidratos.
11. Metabolismo	Alude a la transformación metabólica de los carbohidratos a sacarosa para la producción energética.
12. Respiración aerobia	Relación de los carbohidratos y la respiración aeróbica en la célula.
13. Respiración anaeróbica	Relación entre los carbohidratos y la respiración anaeróbica de las células.
14. Sociedad	El impacto en la sociedad alrededor de los carbohidratos.

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo mencionado por Moya (2008) sobre la versatilidad de los foros en los que es posible favorecer la habilidad argumentativa, se resalta el intento de los estudiantes de emplear argumentos en la discusión desarrollada alrededor de los 14 temas listados en la tabla 3.18. Este hecho les permitió reflexionar sobre los conceptos asociados a los glúcidos.

Al comparar los temas trabajados durante el foro y los del informe de laboratorio se puede observar que algunos son comunes, por ejemplo, composición en alimentos, fibra y metabolismo. Lo anterior muestra que los estudiantes lograron ampliar la discusión mediante el uso de nuevas temáticas respecto a las del informe de laboratorio. Se destaca la inclusión de conceptos más cercanos a la bioquímica como el ciclo de Krebs, la respiración aeróbica y la respiración anaeróbica.

Sin embargo, persistieron errores conceptuales que requieren ser trabajados a profundidad. Estos se evidencian en comentarios como el siguiente: “al degradarse los azúcares en glucosa, entra a un proceso anaeróbico para producir piruvato”, cuando en realidad se considera como respiración anaerobia la producción de lactato a partir del piruvato, también conocido como fermentación. Igualmente, faltó profundizar la discusión sobre la característica reversible de la reacción, la cual regresa a piruvato en presencia de oxígeno y puede ingresar al ciclo de Krebs (respiración aeróbica) (Teijón *et al.*, 2009).

Los errores conceptuales antes mencionados sugieren la necesidad de trabajar en la forma de planear las clases, especialmente en el diseño de material didáctico y la evaluación. Algunas investigaciones han identificado que los estudiantes de química suelen tener inconvenientes al relacionar las vías metabólicas con la célula. Para los estudiantes de biología, puede ser difícil la interpretación química de las reacciones redox y los temas asociados con la termodinámica, en tanto que para los estudiantes de medicina, enfermería o ciencias ambientales, el tema de metabolismo parece alejado de sus intereses, y como consecuencia, tienden a realizar un ejercicio memorístico, que cae en el olvido una vez se cumple con la evaluación (Vullo, 2014).

En la figura 3.30 se muestra el porcentaje de uso de los temas durante el desarrollo del foro.

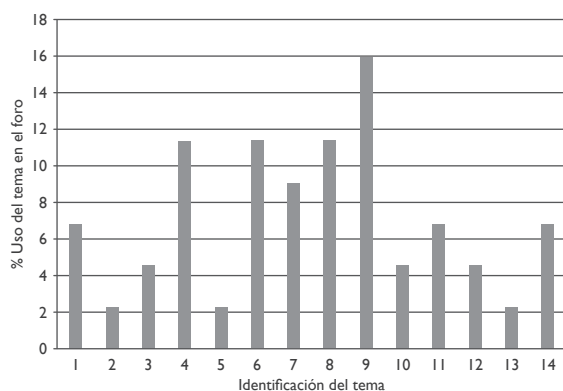


Figura 3.30. *Uso de temas durante el foro sobre glúcidos*

Fuente: elaboración propia.

Los resultados muestran que la discusión sobre los carbohidratos se centró en las temáticas de la fibra (tema 9), carbohidratos y salud (tema 4), composición de alimentos (tema 6) y energía (tema 8), ya que fueron los más utilizados a lo largo del foro. Se destaca la inclusión del ciclo de Krebs para explicar el aporte energético de los carbohidratos en una dieta, así como para tratar de explicar los problemas de salud.

Los temas trabajados por los estudiantes en el foro se agruparon en familias (véase tabla 3.19). Así como sucedió en el tema de las proteínas, la discusión generada en el foro permitió identificar tópicos de su interés; se destacó el de salud, seguramente por la necesidad de dar respuesta a los problemas propuestos, y la relación existente entre los carbohidratos y la sociedad.

Tabla 3.19. *Familias de temas identificados en el foro virtual sobre glúcidos*

Familia	Temas	Descripción
Bioquímica	• Carbohidratos y célula • Carbohidratos y salud • Ciclo de Krebs • Energía • Metabolismo • Respiración aeróbica • Respiración anaeróbica	Temas relacionados con la bioquímica de los carbohidratos como metabolismo, reacciones, producción de energía, entre otros
	• Calidad de los alimentos • Carbohidratos y salud • Composición de alimentos • Energía • Fibra • Metabolismo	Carbohidratos desde el punto de vista de la salud
	• Agricultura • Ecosistema • Medioambiente • Sociedad	Relaciones entre sociedad y carbohidratos, incluyendo el impacto de la industrialización de los alimentos

Fuente: elaboración propia.

Con los temas propuestos, las familias agrupadas por afinidades y la discusión planteada se formaron redes de temas que identifican el nivel de complejidad desarrollado en la discusión, así como el grado de comprensión alcanzado en la construcción colectiva de conceptos y la fundamentación teórica lograda por la indagación en fuentes bibliográficas de cada participante.

Consideraciones

En la figura 3.31 se muestra la red de relaciones entre los temas trabajados por los estudiantes durante el foro.

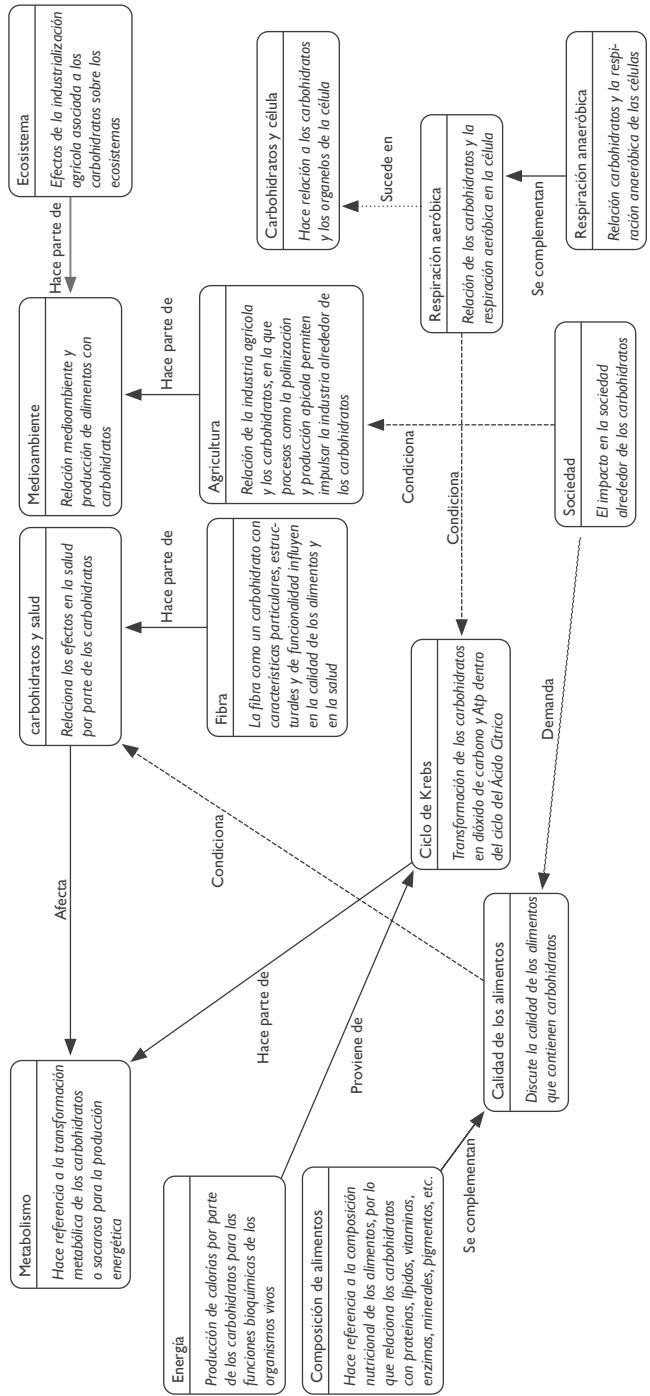


Figura 3.31. Red de relaciones entre temas del foro sobre carbohidratos

Fuente: elaboración propia con base en el foro.

La figura anterior muestra una clara diversidad de temas utilizados por los participantes durante el foro, pero no existe uno central; se destacan calidad de los alimentos, ciclo de Krebs, carbohidratos y salud, respiración aeróbica y metabolismo como aquellos con mayor cantidad de interrelaciones, y por lo tanto se constituyen en áreas de preferencia por parte de los estudiantes para construir conceptos relacionados con los glúcidos y su bioquímica.

Es de destacar el logro de relacionar los problemas sociales como la agroindustria, la afectación medioambiental y los ecosistemas con el metabolismo, mediante la vinculación con la calidad de los alimentos y su relación con la salud, por lo que aspectos pertenecientes a otras disciplinas se integran a esta discusión, llevando los conceptos en bioquímica al campo multidisciplinar.

Por otra parte, al parecer el foro permitió reconocer la producción de energía como un resultado del ciclo de Krebs, aspecto que es difícil de aprender en un modelo de enseñanza memorístico; sin embargo, actividades como indagación en libros de texto y artículos, y consultas a expertos, entre otras, demuestran su utilidad para mejorar habilidades como recordar, relacionar el conocimiento y comparar con otros tópicos, a diferencia de las metodologías convencionales (Ross *et al.*, 2008).

Los conceptos bioquímicos se asociaron a las problemáticas sociales gracias a las temáticas de la agroindustria, especialmente el desarrollo de la apicultura alrededor de los carbohidratos, y su impacto en el ecosistema como parte del medioambiente. Estas relaciones se ilustran en la figura 3.32.

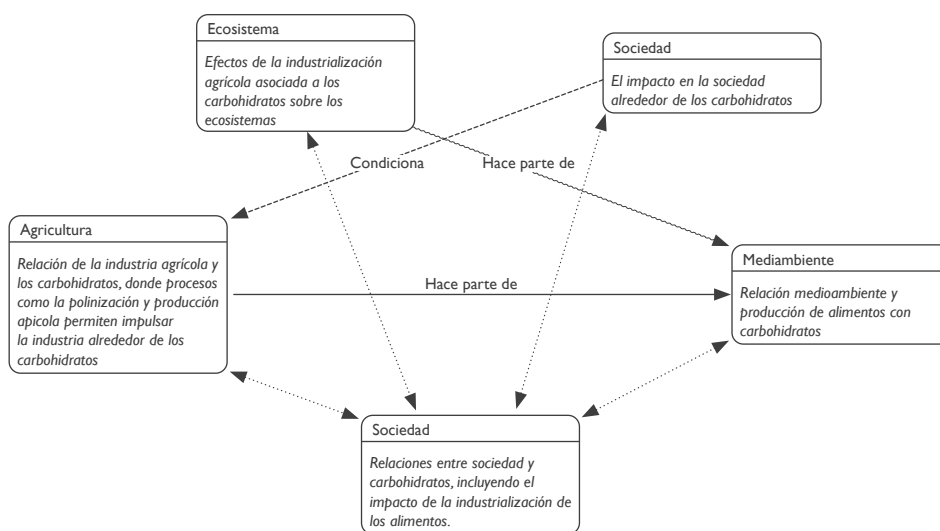


Figura 3.32. Red de temas asociados con la sociedad

Fuente: elaboración propia con base en el foro.

Otro aspecto importante por destacar es la relación entre salud y carbohidratos, en la cual se integran con mayor claridad los aspectos bioquímicos con la alimentación y la salud; por ejemplo consideran la composición de nutrientes en los alimentos, incluidos los carbohidratos, como un complemento de su calidad, además de que los carbohidratos pueden afectar los procesos metabólicos; también involucran la fibra como un carbohidrato que le confiere cierta funcionalidad a los alimentos, gracias a sus características estructurales como un polisacárido.

Es interesante que si bien mencionan el tema de energía, este no se relaciona con los aspectos de nutrición, metabolismo y salud. Pareciera que los estudiantes tienen dificultades para entender los carbohidratos como una molécula que en su metabolismo produce ATP. Estas relaciones se pueden observar en la figura 3.33.

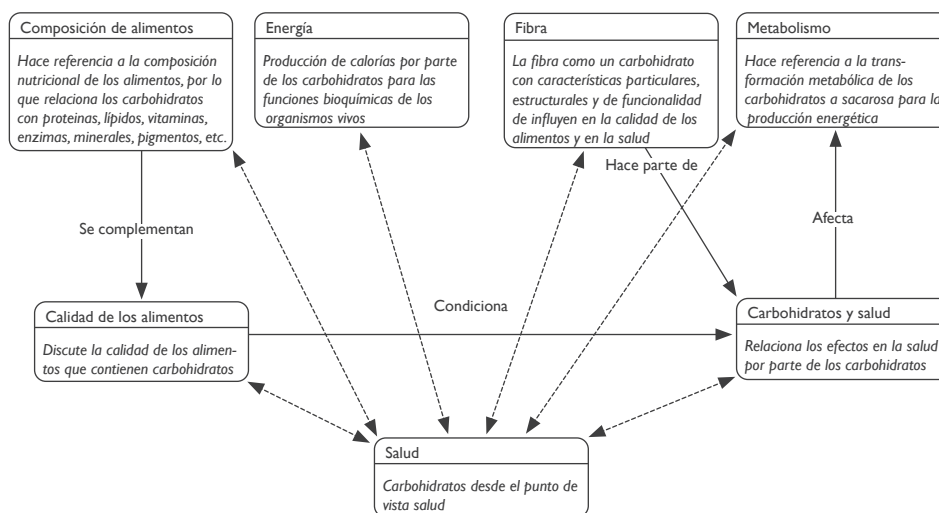


Figura 3.33. Red de temas asociados con la salud

Fuente: elaboración propia con base en el foro.

Finalmente, si el foro se analiza solo en función de los problemas de salud, al parecer favoreció la apropiación de los conceptos asociados a los carbohidratos, como es el caso del ciclo de Krebs, el cual hace parte del metabolismo de los carbohidratos, pero puede ser afectado por problemas de salud; por otra parte, se vinculan conceptos como la respiración aeróbica y anaeróbica, su relación con la célula y la producción de energía como parte integral del metabolismo, aspecto que enriquece la construcción de conceptos. Estas relaciones se pueden ver en la figura 3.34.

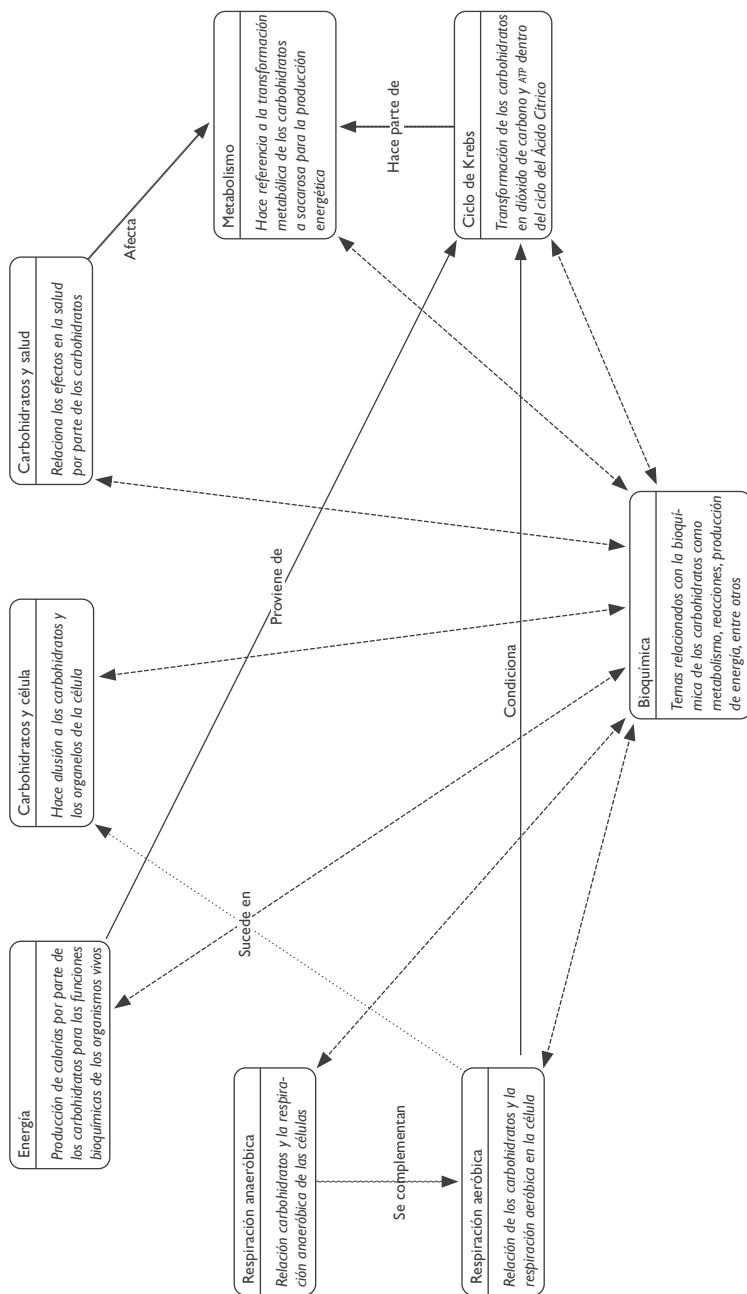


Figura 3-34. Red de temas asociados con bioquímica

Fuente: elaboración propia con base en el foro.

Mapa conceptual

Para determinar cualitativamente el aprendizaje de conceptos asociados a los glúcidos, se utilizaron mapas conceptuales. Para su elaboración, se propuso un listado de 19 conceptos (véase anexo 2) y los estudiantes podían incluir otros. La tabla 3.20 los conceptos propuestos se organizan por temas.

Tabla 3.20. *Conceptos propuestos para el mapa conceptual sobre glúcidos*

Tema	Conceptos
Química	Glúcidos
	Monosacáridos
	Polisacáridos
	Azúcares reductores
	Isómeros
Bioquímica	Ciclo de Krebs
	Energía
	Respiración
	Metabolismo
	Célula
Alimentos y salud	Nutrición
	Diabetes
	Deporte
	Dolor muscular
	Leche
	Endulzantes
	Sudor
	Cocina
	Textura de alimentos

Fuente: elaboración propia.

Con la información recolectada se analizó la estructura cognitiva de los estudiantes en relación con los conceptos propuestos y los adicionados. En la figura 3.35 puede observarse un ejemplo de mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje activo, que incluye los problemas de salud como la diabetes y su relación con el déficit de insulina al consumir un exceso de carbohidratos en un intento por resolver los problemas planteados.

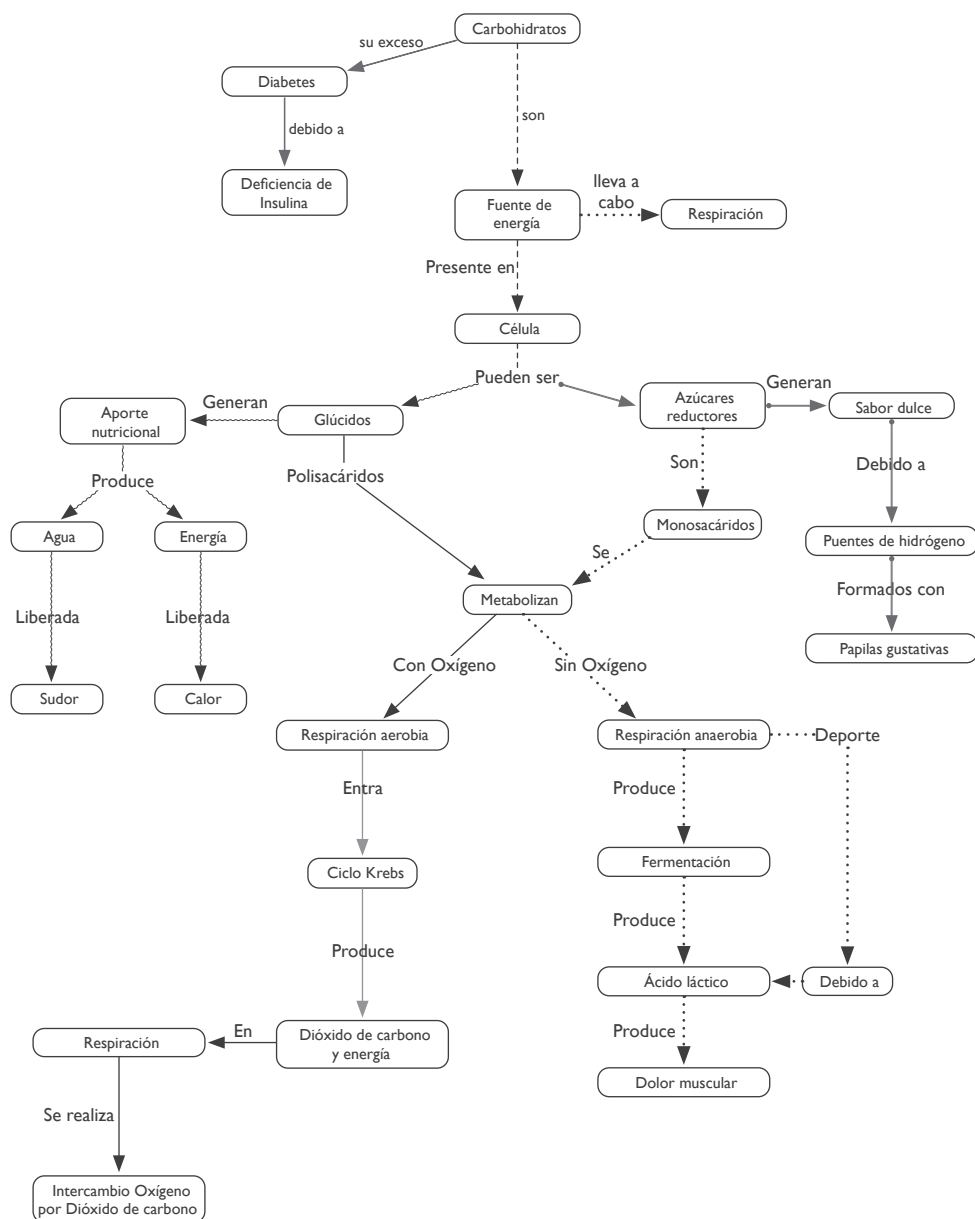


Figura 3.35. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje activo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 97.

Conceptos clave asociados a los carbohidratos como ciclo de Krebs, procesos de fermentación, respiración aerobia y anaerobia o producción de energía aparecen en el mapa conceptual estructurados jerárquicamente, formando proposiciones válidas. Un ejemplo claro es el caso de la metabolización, en la que se relaciona con la respiración aeróbica si está presente el oxígeno, pasando al ciclo de Krebs, para producir dióxido de carbono y energía.

A pesar de contar con una estructura jerárquica lógica, se observan algunas imprecisiones conceptuales; por ejemplo, el hecho de ubicar el concepto glúcido como subordinado de carbohidratos, cuando lo aceptado es que son iguales o que los carbohidratos hacen parte de los glúcidos. Esta confusión se debe a la forma tradicional de denominar este grupo de compuestos orgánicos, ya que en 1844 Karl Schmitd le asignó el nombre genérico de *carbohidratos* o hidratos de carbono debido a la composición elemental que incluye el carbono, hidrógeno y oxígeno, con una fórmula empírica de $C_n(H_2O)_n$. Sin embargo, es aceptado que existen algunos compuestos que no responden exactamente a esta fórmula, ya que cuentan con otros elementos como nitrógeno o azufre, pero con propiedades físicas y químicas similares a aquellos que no los tienen, razón por la cual se prefiere utilizar el nombre genérico de glúcidos (Calvo, 1992; F. González, 1991). Otro concepto erróneo es el entender los azúcares reductores como generadores del sabor dulce, cuando esta no necesariamente es la condición por la que un carbohidrato genera esta característica. No obstante, la proposición donde se relaciona la sensación de sabor dulce con la formación de puentes de hidrógeno demuestra que las actividades realizadas alrededor de los carbohidratos han vinculado e integrado en la estructura cognitiva diversos conceptos.

Este mapa conceptual cuenta con conectores lógicos, pero no todas las relaciones entre conceptos son correctas, el estudiante incluye la mayoría de los conceptos propuestos por el profesor y algunos nuevos como, por ejemplo, sabor a dulce, puentes de hidrógeno y papilas gustativas, que forman una proposición parcialmente válida. Este mapa conceptual muestra la intención del estudiante por indagar aspectos científicos que expliquen fenómenos cotidianos.

A continuación se presenta un ejemplo de mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático (véase figura 3.36).

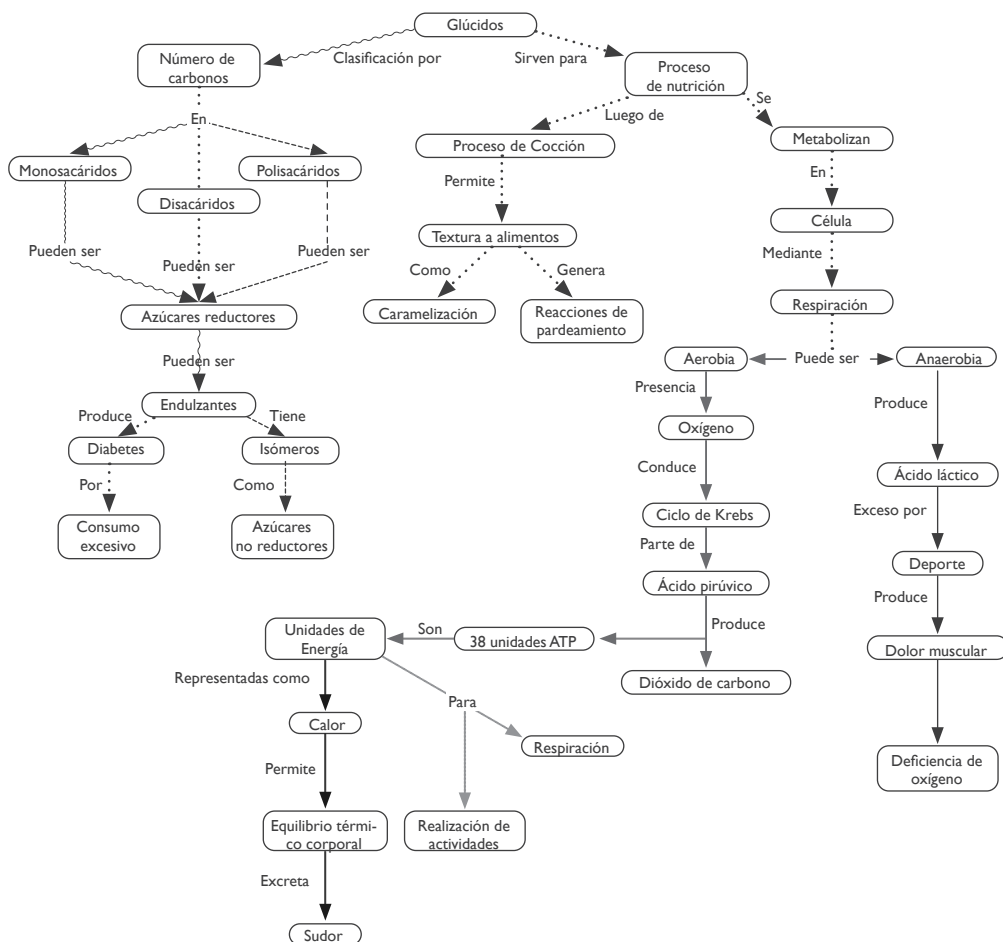


Figura 3.36. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 37.

El uso de enlaces cruzados y la organización jerárquica de conceptos muestran un mapa conceptual bien organizado, complejo y lógico, que indica la presencia de elementos diferenciadores del aprendizaje significativo (Hay, 2007). Desde este punto de vista, este mapa conceptual cumple con algunas de estas características, seguramente gracias a las actividades realizadas en el aula.

Un análisis detallado de este mapa conceptual identifica algunas proposiciones erróneas. Es el caso de las estructuradas con los conceptos monosacáridos,

polisacáridos, disacáridos, azúcares reductores y número de átomos de carbono. Esto lleva a suponer que estos conceptos se incluyeron memorísticamente y no en forma significativa (Novak y Gowin, 1984; Rey, 2008).

La figura 3.37 muestra un mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo, que presenta una serie de conceptos estructurados jerárquicamente, algunos supraordenados, otros subordinados, y proposiciones válidas. Este resultado sugiere la eficiencia de las actividades diseñadas en función de lograr un aprendizaje significativo.

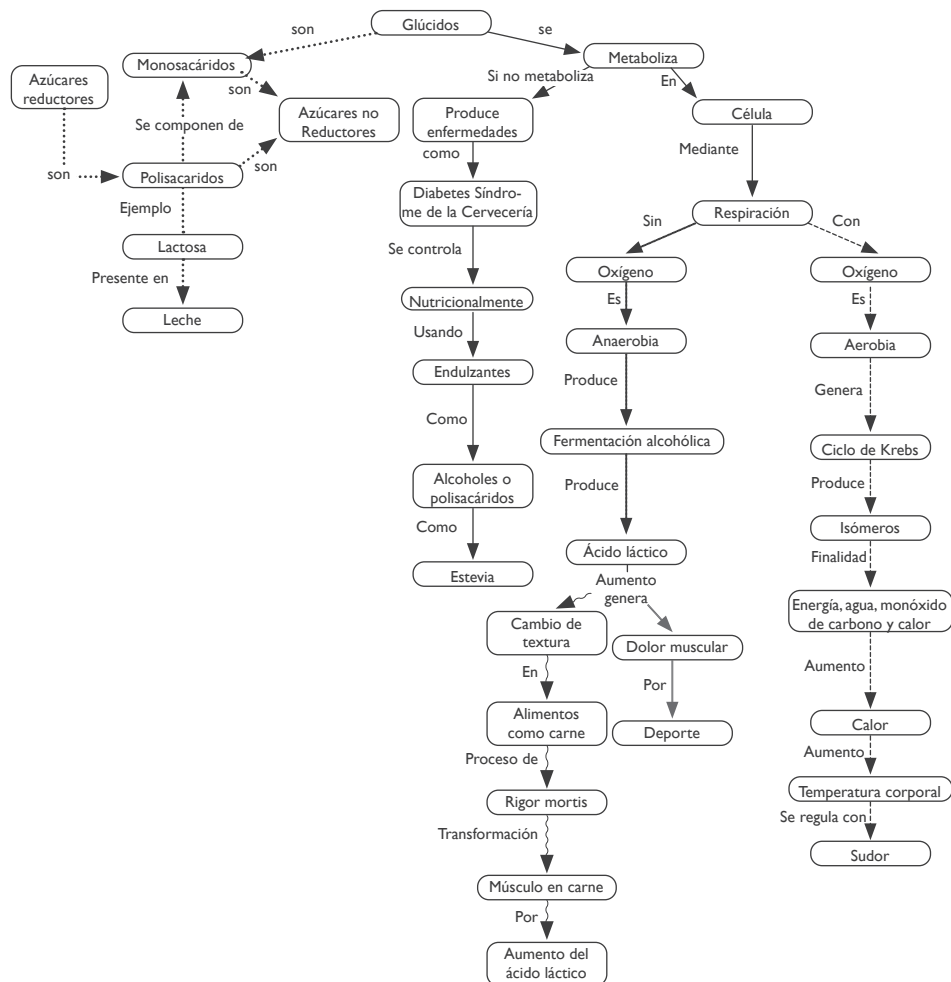


Figura 3.37. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 43.

En el mapa anterior, los conceptos monosacáridos, azúcares reductores, no reductores y polisacáridos se relacionan con conectores erróneos, lo que genera proposiciones inválidas. Un ejemplo es la afirmación de que los azúcares reductores son polisacáridos, condición que solamente se produce cuando por lo menos un carbono alfa de las unidades monoméricas se encuentra libre. Estas proposiciones no válidas dan a entender que aún falta desarrollar actividades tendientes a lograr un aprendizaje significativo para algunos conceptos. Es de suponer la inclusión de estos conceptos se realiza memorísticamente, por lo que seguramente se olvidarán con el tiempo al no tener una construcción de proposiciones lógicas.

Las proposiciones elaboradas alrededor del metabolismo son válidas debido a que los conceptos están conectados correctamente. Se resaltan aquellas que vinculan el metabolismo de los carbohidratos con enfermedades como la diabetes o el síndrome de la cervicería, y el control que se puede ejercer al utilizar productos como endulzantes.

La metabolización vinculada a los procesos de respiración aerobia y anaerobia es un claro ejemplo de una proposición válida, pues relaciona la presencia de oxígeno con la respiración aerobia y la producción de energía, agua y monóxido de carbono mediante el ciclo de Krebs, así como el aumento de la temperatura corporal y su regulación mediante el sudor, debido a esta respiración.

En general el estudiante estructura varias proposiciones válidas, pero se observan dificultades en la forma de clasificar los carbohidratos en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos, así como en la relación frente a la característica de ser o no reductor, conceptos que deberían tener claro antes de abordar los fenómenos bioquímicos.

En la figura 3.38 se presenta un ejemplo de mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje teórico. A diferencia de los anteriores mapas conceptuales, en este los conceptos monosacáridos y polisacáridos están bien estructurados, al ser catalogados como clases de glúcidos. Además, se aclara que los monosacáridos son reductores, en tanto que los polisacáridos pueden ser o no reductores. Estas proposiciones muestran un manejo más preciso de estos conceptos y sugiere que el estudiante está en la capacidad de vincularlos de una manera clara a temáticas donde se requiera su uso, característica importante dentro del aprendizaje significativo.

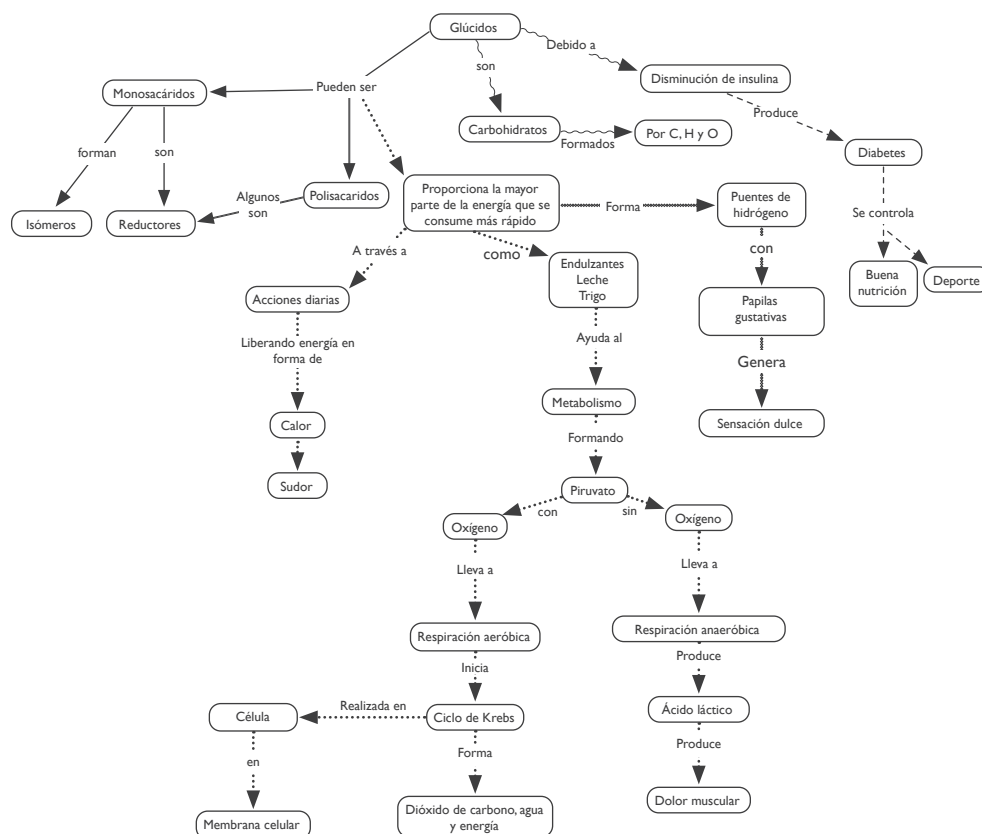


Figura 3.38. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje teórico

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 27.

En este mapa también puede identificarse el manejo dado al concepto carbohidratos: se ubica jerárquicamente al mismo nivel de glúcidos y se relaciona con los elementos que conforman las moléculas, proposición igualmente válida. Por su parte, las proposiciones relacionadas con energía y metabolismo podrían considerarse como válidas; sin embargo, se observa cierta dificultad para vincularlas directamente con el concepto glúcidos, ya que el estudiante emplea un conector impreciso y derivado de la clasificación de los carbohidratos.

Lo anterior sugiere que este mapa conceptual, comparado con los anteriores, tiene una mayor complejidad debido al uso de enlaces cruzados, proposiciones válidas y en general su organización jerárquica, por tanto, supone que el estudiante cuenta con una buena evolución cognitiva, derivada en un aprendizaje significativo de conceptos asociados a los glúcidos.

Finalmente, en la figura 3.39 se observa un ejemplo de mapa conceptual elaborado por un estudiante multiestilo, el cual está estructurado jerárquicamente, con la mayoría de conceptos propuestos por el profesor y con conectores lógicos.

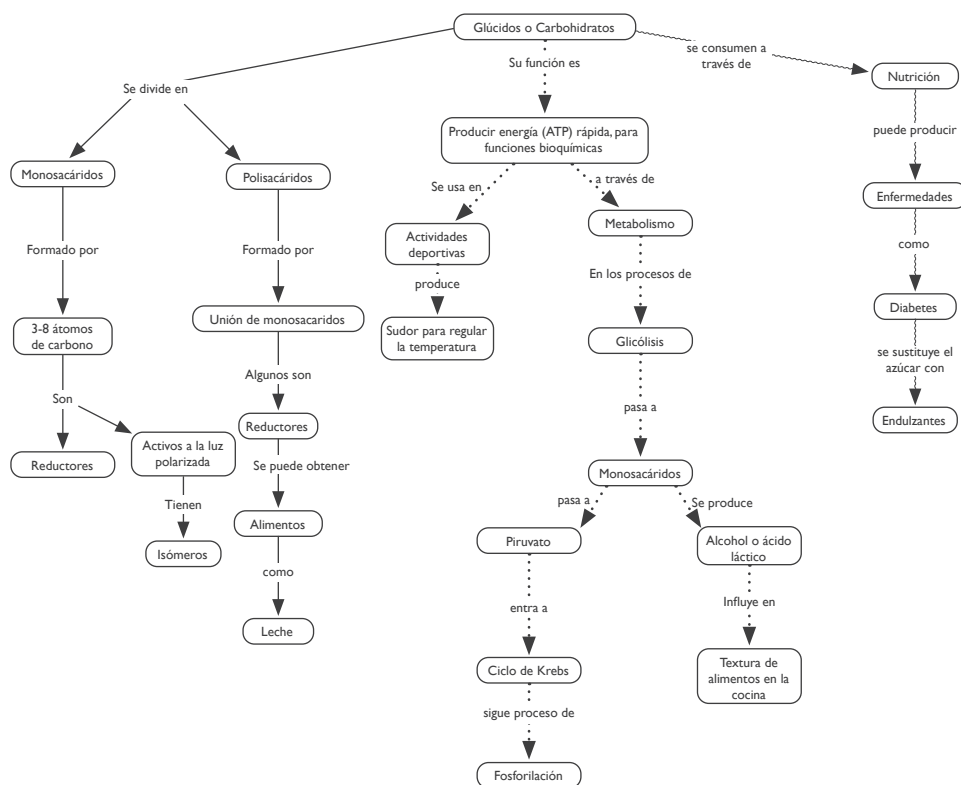


Figura 3.39. Mapa conceptual sobre glúcidos de un estudiante con estilo de aprendizaje multiestilo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 6.

El concepto glúcidos aparece como sinónimo de carbohidratos, lo cual es aceptado como consenso en la comunidad científica. Esto supone una concepción válida de este grupo de compuestos orgánicos. Por otra parte, es de resaltar que el estudiante reconoce la relación entre la nutrición y los carbohidratos, elabora una proposición válida mediante un conector que expresa la posibilidad de producir enfermedades y cómo se ha tratado de evitar estos problemas utilizando moléculas endulzantes.

En el mapa conceptual de la figura 3.39, se identifican diversas proposiciones válidas que permiten suponer una buena construcción conceptual con coherencia;

se resalta la clasificación de los carbohidratos en monosacáridos y polisacáridos, temática que parece ser difícil entender y aprehender, especialmente para los estudiantes con estilos de aprendizaje teórico, pragmático y activo.

Se destaca el uso de conceptos diferentes a los propuestos por el profesor, entre otros:

- Actividad a la luz polarizada, por lo que vincula fenómenos ópticos a las características propias de algunos carbohidratos.
- Fosforilación vinculada al ciclo de Krebs, que si bien no amplía esta proposición, aclara que es un proceso posterior al ciclo.

En general, las actividades realizadas en el marco de la resolución de problemas enfocadas al aprendizaje significativo mostraron que, en el tópico de glúcidos, existía un avance en la construcción de conceptos. Se observó que la discusión desarrollada en el foro tuvo mayor profundidad gracias al aporte de nuevos conceptos. Como consecuencia, se obtuvieron mapas conceptuales un poco más complejos que los elaborados sobre las proteínas; sin embargo, se identificaron temas aún difíciles de comprender por parte de los estudiantes, como los conceptos de fibra, azúcar reductor y no reductor, entre otros.

Sobre los lípidos

En el tema de lípidos se tomó como problemática las enfermedades coronarias, teniendo en cuenta que en Colombia es la primera causa de muerte en la población mayor de 45 años (Mora y Barrera, 2005). El problema planteado fue: *¿Cuál es el papel de los lípidos en los procesos bioquímicos y qué incidencia real tienen en la salud? ¿Cuál sería la recomendación de dieta para una persona con problemas de colesterol?, ¿cómo lo sustentaría desde la bioquímica? (véase anexo 2).*

Ejercicio de indagación

Para dar respuesta al problema, se desarrolló la misma secuencia de actividades que en los dos temas anteriores: inicialmente los estudiantes realizaron una búsqueda de información en varias fuentes seleccionadas según su criterio, luego expusieron las propuestas de solución a cada una de las preguntas, las socializaron en clase y elaboraron un resumen escrito. En la tabla 3.21 se presentan algunas de las propuestas extraídas de estas actividades.

Tabla 3.21. *Función de los lípidos según la indagación de los estudiantes*

Estudiante/estilo de aprendizaje	¿Cuál es el papel de los lípidos en los procesos bioquímicos y qué incidencia real tienen en la salud?	¿Cuál sería la recomendación de dieta para una persona con problemas de colesterol?, ¿cómo lo sustentaría desde la bioquímica?
Estudiante 39/ reflexivo	• Mayor reserva de energía • Estructural en membranas • Aislante térmico	• Reducir el consumo de grasa animal • Aumentar el consumo de vegetales y frutas • Alimentos ricos en fibra • Eliminar el consumo de alcohol
Estudiante 30/ teórico	• Aislante de órganos internos • Forma parte de la membrana celular • Función estructural • Función biocatalizadora • Función de transporte	• Bajo consumo de grasa animal • Bajo consumo de productos de repostería industrial preparados con aceite de palma • Reducir el consumo de quesos curados
Estudiante 46/ activo	• Síntesis de estructuras celulares • Desarrollo de niños • Fuente de energía • Protectores	• Evitar el consumo de grasas saturadas • Evitar el consumo de frituras • Aumentar el consumo de omega 8 presente en pescados como el salmón
Estudiante 37/ pragmático	Aporte energía Transporte Estructural de membrana celular Forman vitaminas liposolubles.	• Equilibrar el consumo de grasas saturadas e insaturadas
Estudiante 73/ multiestilo	Permiten la absorción de vitaminas Estructural	• Dieta rica en fibra • Consumo de grasa vegetal • Consumo de pescado • Reducir el consumo de grasa animal

Fuente: elaboración propia.

Las indagaciones realizadas por los estudiantes con el fin de solucionar el problema planteado sobre los lípidos evidenciaron un esfuerzo por proponer vías que resultaran apropiadas. Sin embargo, también se observaron dificultades como en

el caso del estudiante 73, clasificado como multiestilo, quien consideraba que los lípidos forman las vitaminas liposolubles, cuando lo que está aceptado es su propiedad de disolver algunas vitaminas, llamadas vitaminas liposolubles, propiedad que favorece su transporte y aprovechamiento.

La afirmación anterior visibilizó la presencia de errores conceptuales que requieren atención por parte del profesor y del estudiante. Por tanto, se sugiere que el docente asegure el claro conocimiento de los objetivos de enseñanza, haciendo explícito el nivel de entendimiento esperado y que elija el camino más adecuado para cumplirlos (Vullo, 2014). También se identificaron dificultades importantes al momento de organizar y relacionar correctamente la información, lo que generó errores conceptuales como los ya mencionados (Surapaneni y Tekian, 2013).

Parecía existir un consenso entre los estudiantes acerca de que la función más importante de los lípidos es producir energía, por lo que se discutió más el catabolismo que el anabolismo de los lípidos, teniendo en cuenta lo poco que se mencionan los procesos de síntesis de moléculas como las hormonas a partir de los lípidos.

Clase magistral

Durante la clase magistral los estudiantes formularon preguntas sobre nomenclatura, estructura, clasificación, propiedades químicas, reacciones e importancia bioquímica, entre otros tópicos. Se emplearon como recursos el material bibliográfico utilizado por los estudiantes, videos y otro material audiovisual, que permitió aclarar dudas, además de favorecer el intercambio de opiniones y un trabajo colectivo de análisis conceptual.

Prácticas de laboratorio

Para tratar de identificar la relación entre los lípidos y las enfermedades coronarias planteadas en el problema, se consideró importante realizar trabajos experimentales que dieran cuenta del contenido de grasa en alimentos, del método para extraer lecitina y colesterol, así como de la presencia de colina, fosfatos de fosfolípidos y glicerol. Con base en lo anterior, se pudo determinar el aporte calórico y se discutieron las reacciones presentes en los procesos analíticos. El orden de las actividades fue:

1. Se seleccionó el trabajo experimental en consenso con los estudiantes, a partir de diversas propuestas entre las que se destacaron: extracción y cuantificación de lecitina y colesterol, identificación de fosfolípidos y glicerol, cuantificación de grasa total en alimentos para determinar el aporte calórico.

2. Los estudiantes se organizaron en grupos a su discrecionalidad, lo cual facilitó el trabajo.
3. Se realizó una indagación previa para soportar teóricamente el trabajo de laboratorio, así como para detallar los métodos analíticos que se emplearían.
4. El trabajo en el laboratorio fue liderado por un grupo de estudiantes, quienes con la orientación del profesor especificaron las necesidades de materiales, reactivos, equipos y procedimiento analítico.
5. El grupo líder socializó detalladamente el procedimiento y coordinó las actividades en el laboratorio.
6. Se entregó un informe final por cada grupo de trabajo, el cual incluye título, objetivos, resultados y análisis, conclusiones y bibliografía, estructura acordada entre los estudiantes y el profesor.

Para la actividad práctica en el laboratorio se seleccionó un alimento, al cual se le determinó el contenido de grasa total y el aporte calórico. Además, a partir del huevo se realizó la extracción y cuantificación de colesterol. Al finalizar se entregaron y evaluaron los informes.

Evaluación de informes

Mediante el uso del programa ATLAS.ti se identificaron 15 temas alrededor de los cuales se discutieron los resultados logrados en el trabajo de laboratorio (véase tabla 3.22).

Tabla 3.22. *Temas relacionados con los lípidos presentes en los informes de laboratorio según el análisis con ATLAS.ti*

Temas	Descripción
1. Características químicas	Se refiere a las características químicas de la molécula, como reacciones, solubilidad, etc.
2. Clasificación	Diferentes formas de clasificar los lípidos dependiendo de diversos factores como: estructura química, función biológica, uso industrial.
3. Composición en alimentos	Define la composición nutricional en los alimentos desde los lípidos, lo cual implica un balance nutricional.
4. Dieta	Importancia de la grasa en la dieta.
5. Energía	Lípidos como molécula aportante de energía.

Temas	Descripción
6. Función estructural	Explica la función como molécula estructural de la célula, especialmente en las paredes celulares.
7. Importancia biológica	Importancia de los lípidos desde el punto de vista biológico, como son sus funciones en la célula.
8. Importancia nutricional	Hace referencia a los efectos de los lípidos en la nutrición humana.
9. Industria	Aspectos relacionados entre la industria y el manejo de lípidos en los alimentos, como los procesos de transformación, empaques, equipos.
10. Metabolismo	Se refiere a la relación metabólica de los lípidos, reacciones, productos y subproductos de la transformación bioquímica.
11. Método de análisis	Alude al método analítico para identificar o cuantificar lípidos en diversas matrices.
12. Relación con enzimas	Hace referencia a su importancia en las moléculas de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).
13. Relación con las vitaminas	Identifica los procesos metabólicos de los carbohidratos.
14. Relación con proteínas y carbohidratos	Hace referencia a la relación de los carbohidratos con los lípidos, desde el aporte calórico y la función nutricional.
15. Salud	Muestra la relación con las proteínas, por ejemplo, con las enzimas.

Fuente: elaboración propia.

Es evidente que los temas tratados durante el análisis de resultados obtenidos en el laboratorio eran similares a los utilizados en proteínas y glúcidos: se centraban en el método analítico y había un intento por relacionar la problemática de salud, nutrición y dieta.

En la figura 3.40 se muestra la distribución porcentual del uso de temas en los informes de laboratorio.

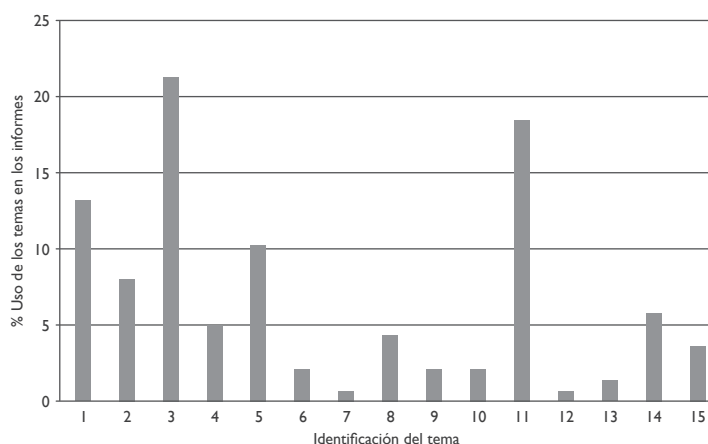


Figura 3.40. *Uso de los temas asociados a los lípidos en los informes*

Fuente: elaboración propia.

La tendencia en el uso de temas asociados a los lípidos mostró que la composición en alimentos y el método analítico para cuantificar lípidos eran los preferidos por los estudiantes en el momento de analizar los resultados, con un uso del 21 % y 18 %, respectivamente. Utilizar los temas relacionados con las enzimas y la importancia biológica de los lípidos en un 1 % implica que probablemente son temáticas complejas para abordar, complicadas para el aprendizaje y, por tanto, requieren de mayor tiempo para ser aprendidas.

Los aspectos discutidos por los estudiantes también mostraron un desarrollo constante alrededor del método de análisis, incluyendo aspectos como desviaciones de los equipos empleados y el cálculo matemático, entre otros. Esto hace suponer que probablemente a lo largo de su formación, los trabajos de laboratorio se han centrado en estos aspectos, lo cual ha limitado las posibilidades en la construcción de conceptos que tienen los trabajos experimentales, especialmente contextualizados, como lo menciona García (2003). Algunos de los comentarios realizados por los estudiantes en los informes se presentan en la tabla 3.23.

Tabla 3.23. *Análisis de resultados reportados por los estudiantes en el informe sobre lípidos*

Integrantes del grupo	Comentario
Estudiante 51 Estudiante 55	“Los lípidos son un grupo de sustancias, que en general son solubles en solventes orgánicos, tales como cloroformo o éter. Las grasas, junto con las proteínas y los carbohidratos, constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos. La definición de lípidos describe un amplio grupo de sustancias que tiene las mismas características y composición estructural similar. No obstante que algunos lípidos, tales como los triacilglicéridos, son muy hidrofóbicos, otros lípidos, tales como los di y monoacilglicéridos tienen tanto partes hidrofóbicas como hidrofílicas en sus moléculas, lo que las hace relativamente solubles en solventes polares”.
Estudiante 46 Estudiante 09 Estudiante 17	“Las grasas son una fuente concentrada de calor y energía a la que el cuerpo recurre cuando lo necesita. Es necesario aclarar que no se debe exceder el porcentaje de grasa consumida a diario porque esto afecta el metabolismo y no cubre las necesidades energéticas necesarias; de esta manera se observa el sedentarismo en un gran número de personas en el mundo”.
Estudiante 97 Estudiante 66 Estudiante 98	“Los lípidos son aquellas moléculas orgánicas como lo es el colesterol, lecitina y triglicéridos, que se extraen mediante solventes orgánicos como éter, cloroformo, etanol etcétera, de tejidos vegetales o animales que para este caso es la yema de huevo. (Rivera, 2005)” “La separación de lípidos basada en sus diferencias de solubilidad es desafortunadamente casi siempre parcialmente satisfactoria, debido a que la solubilidad de los constituyentes de las mezclas de los lípidos son bastantes diferentes a las de los lípidos puros”. “Para la separación de lecitinas de la solución etérea, se utilizará acetona, ya que las lecitinas, cefalinas y esfingolípidos son solubles en éter, etanol o cloroformo, pero insoluble en acetona, y por este motivo se precipitan en la solución”.

Fuente: elaboración propia con base en los informes de laboratorio.

Las discusiones realizadas por los estudiantes indicaron un manejo básico de los conceptos asociados a los lípidos, su bioquímica, los problemas relacionados con la salud y la nutrición, un abordaje poco profundo y en algunos casos falta de relación entre los temas. Este hecho parecía ser una constante en la presente investigación, porque respecto a temas nuevos, las actividades de indagación bibliográfica y encuentro con expertos, al parecer solo proporcionaban una serie de significados, mientras el proceso de integrarlos a la estructura cognitiva se producía después del acercamiento experimental. Esto se evidenció en los diagramas

de relaciones elaborados con el programa ATLAS.ti. La figura 3.41 muestra una red de temas elaborada a partir del análisis de un informe final de laboratorio.

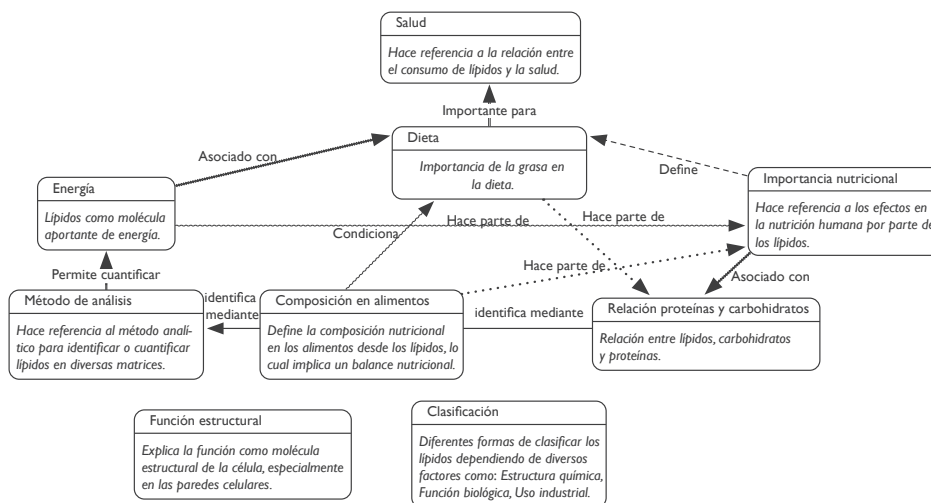


Figura 3.41. Red de temas derivada del informe de laboratorio sobre lípidos de los estudiantes 51 y 55

Fuente: elaboración propia con base en el informe de laboratorio.

La red destaca la dieta y la importancia nutricional como los temas centrales de discusión debido al mayor número de relaciones con otros convergentes. Por otro lado, los temas relacionados con la función estructural y la clasificación de los lípidos aparecían en la discusión de resultados, pero de modo aislado. Este hecho hace suponer que existen dificultades para vincular fenómenos netamente químicos con los temas relativos a la salud y la nutrición. Este fenómeno se repetía en la mayoría de los informes entregados por los estudiantes, en los cuales algunos temas se mencionaban pero no se correlacionaban con los temas centrales de discusión.

Otra red de temas se presenta en la figura 3.42. Allí la dieta es de nuevo el tema central de discusión, a partir del cual se analiza la relación que tienen los lípidos con las proteínas y los glúcidos, la composición nutricional de los alimentos y el efecto en la salud. En forma indirecta, se relacionan los métodos de análisis como vía para identificar las relaciones entre proteínas, glúcidos y lípidos, así como para determinar la composición nutricional de los alimentos.

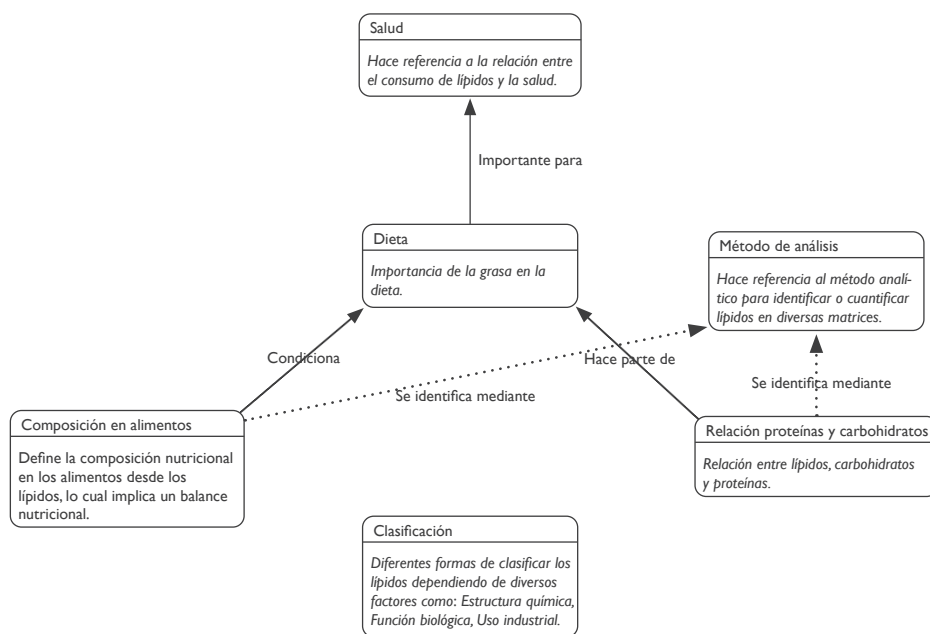


Figura 3.42. Red de temas derivada del informe laboratorio sobre lípidos de los estudiantes 27, 72 y 92

Fuente: elaboración propia con base en el informe de laboratorio.

Como en el ejemplo anterior, este grupo de estudiantes mencionó la clasificación como un tema a considerar en la discusión de resultados, pero quedó aislado por la falta de relación con los demás temas trabajados.

Las redes elaboradas a partir de los informes de laboratorio entregados por los estudiantes mostraron que al parecer existe una gran dificultad para relacionar la química de los lípidos con temáticas contextualizadas como la salud, lo cual parece indicar que los estudiantes requieren de una mayor madurez cognitiva o que el laboratorio es la puerta de entrada para organizar e incluir estos conceptos en la estructura cognitiva.

Foro virtual

Para complementar las actividades del laboratorio, se trabajó en el foro virtual. El grupo de estudiantes que lideró la actividad propuso el tema de los lípidos y su relación con la obesidad. La figura 3.43 muestra el encabezado sobre el tema a discutir y un ejemplo de la participación por parte de los estudiantes.

Las Grasas son una fuente concentrada de calor y energía a la que el cuerpo recurre cuando lo necesita. Cada gramo de grasa provee al organismo 9 calorías, que representan más del doble de las que aportan los hidratos de carbono y las proteínas.

La recomendación saludable es que en la alimentación diaria no haya más de un 30% de grasas. Por lo general el consumo es superior al 40% y está dado principalmente por las grasas que aumentan el colesterol malo y el colesterol total.

Hay que distinguir los distintos tipos de grasas. Existen algunas imprescindibles, que tienen efectos benéficos para la salud, y otras perjudiciales.

TEMA DE DISCUSIÓN: Ciencia de la obesidad

NatGeo Ciencia de la obesidad
natgeotv.com



Katherine Parada
mayo 4, 2012 a las 11:20 pm

Buenas tardes compañeros, damos inicio al debate, el grupo monitor conformado por: Lizeth Torres, Katherine Parada, Harold Lancheros y Nestor Hurtado.
Empezando por discutir acerca del vídeo (apropósito muy interesante).
¿Cuáles son los principales problemas en la salud al tener problemas graves de obesidad?

Rafael Urrego
mayo 8, 2012 a las 6:13 pm

Para los problemas de salud que una persona puede llegar a tener por el exceso de grasa en el organismo debemos saber que es la grasa y que problemas nos puede llegar a producir.

Las grasas son lípidos cargados de calorías. Cada gramo proporciona 9 calorías, comparado con sólo 4 calorías que nos proporciona cada gramo de carbohidratos. Las células emplean los ácidos grasos y el glicerol como fuente de energía. Cualquier exceso de grasa se almacena y deposita debajo de la piel produciendo un aumento de peso y, más tarde, obesidad. Algunos triglicéridos también llegan al hígado donde se utilizan para producir colesterol.

La obesidad aumenta el riesgo de una persona a padecer enfermedades y muerte debido a dietas, apoplejía enfermedad de la arteria coronaria, hipertensión, colesterol alto, trastornos del riñón y la vejiga. La obesidad aumenta el riesgo de desarrollo de algunos tipos de cáncer.

Para que no tengamos ese tipo de problemas lo más importante es tomar conciencia de la importancia de comer sano en cualquier momento del año y también, tenemos que evitar comer en exceso, en momentos de ansiedad y nerviosismo. Por ejemplo, muchos estudiantes confiesan que comen más en época de exámenes. Por otra parte, muchas personas se apuntan a un gimnasio con el objetivo de realizar un deporte, sin embargo, desisten a las dos semanas como consecuencia de la falta de voluntad. Lo cierto es que hoy día, el sedentarismo es una cualidad social puesto que muchas personas utilizan el carro. Lo recomendable es practicar alguna actividad deportiva y comer saludable para evitar estos problemas de salud.

Figura 3.43. Foro virtual sobre lípidos

Fuente: <http://quimicadeagroalimentos.wordpress.com>

Con la participación activa de los estudiantes se identificaron 17 temas relacionados con los lípidos utilizados como base de discusión en el debate (véase tabla 3.24).

Tabla 3.24. *Temas utilizados en el foro virtual sobre lípidos según el análisis con ATLAS.ti*

Temas de discusión	Descripción
1. Clasificación	Clasificación de los lípidos, entre otros en grasas saturadas, colesterol, triglicéridos
2. Colesterol	Lípido que se puede producir en el hígado
3. Colesterol y alimentos	Relación entre colesterol y alimentos; identifica los alimentos que aportan colesterol en la dieta.
4. Dieta	Importancia de la dieta alimenticia en el consumo de lípidos
5. Energía	Las grasas como molécula fuente de calorías en una dieta
6. Lípidos como antioxidantes	Propiedad de algunos lípidos como antioxidantes, especialmente los llamados aceites esenciales
7. Lípidos y enfermedades	Relación del consumo excesivo de lípidos y la presencia de diversas enfermedades como hipertensión, enfermedad coronaria, trastornos de riñón, cáncer
8. Obesidad	La obesidad como enfermedad mundial, considerada como un problema de salud pública, su relación con la dieta y especialmente con el consumo de lípidos
9. Relación ácidos grasos y triglicéridos	Transformación de grasa en ácidos grasos y su posterior transformación en triglicéridos en la sangre
10. Relación con el metabolismo	Se discute el efecto de los lípidos con el metabolismo, efectos y rutas metabólicas.
11. Relación con el sedentarismo	Relación del metabolismo de los lípidos con el sedentarismo como factor importante en los problemas de obesidad
12. Relación con enfermedades psicológicas	Relación del consumo excesivo de lípidos y la presencia de diversas enfermedades como hipertensión, enfermedad coronaria, trastornos de riñón, cáncer, y trastornos en la conducta alimentaria
13. Relación con la industria	Relación de los procesos industriales y la grasa, por ejemplo en el diseño de maquinaria, su uso y manejo, en la transformación de alimentos

Temas de discusión	Descripción
14. Relación con las hormonas	Los lípidos como molécula importante en la síntesis de hormonas
15. Relación con las vitaminas	Los lípidos como solventes de vitaminas, factor que facilita su transporte y absorción
16. Relación lípidos y genética	La obesidad como problema de aumento del tejido adiposo y su posible influencia por un factor genético
17. Triglicéridos	Tipo de lípido que puede producir colesterol al ser transformado en el hígado

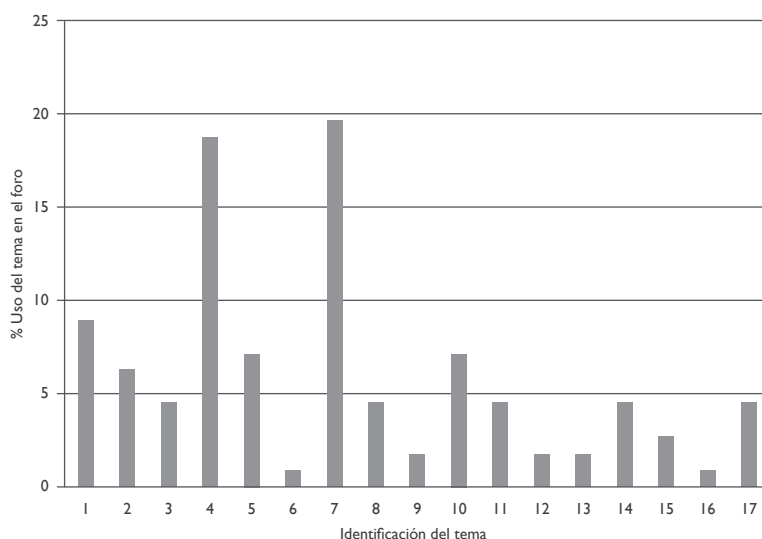
Fuente: elaboración propia.

Los temas utilizados por los estudiantes en el foro virtual de discusión muestran un intento por profundizar en las diversas relaciones entre los lípidos y las enfermedades asociadas. Resaltan algunos que no fueron tratados en las actividades anteriores, como la relación con hormonas, vitaminas, genética, e inclusive las enfermedades psicológicas.

A pesar de la amplia y enriquecedora discusión, se observaron algunos errores conceptuales especialmente en la relación entre ácidos grasos y triglicéridos. En la tabla 3.24 se puede observar que los estudiantes consideraron una vía incorrecta de transformación de la grasa. Con la expresión “Transformación de grasa en ácidos grasos y su posterior transformación en triglicéridos en la sangre” demostraron el desconocimiento del metabolismo, ya que la síntesis de triglicéridos se produce en el retículo endoplasmático de la célula, siendo las células parenquimatosas del hígado donde el proceso es mucho más activo.

Estos errores conceptuales, tratados de modo superficial, señalan con claridad las dificultades de relacionar el conocimiento químico con el biológico, específicamente con el conocimiento de las partes de la célula (Vullo, 2014). Una posible solución es diseñar una intervención en el aula, en la cual se desarrollen actividades para profundizar en el conocimiento interrelacionado de química y biología, con procesos que apoyen una orientación, en lo posible encaminada a la autoconstrucción de conceptos.

En la figura 3.44 se presenta el porcentaje de utilización de las temáticas durante el foro. Los resultados mostraron como temas centrales de discusión la relación lípidos y enfermedades (tema 7) y la dieta (tema 4), empleados en mayor porcentaje durante la discusión, por lo que emergen como oportunidades para la enseñanza-aprendizaje de conceptos asociados a los lípidos, debido al interés despertado en los estudiantes.

Figura 3.44. *Uso de temas durante el foro virtual sobre lípidos*

Fuente: elaboración propia.

Los temas propuestos y trabajados por los estudiantes en el foro se agruparon en familias, teniendo en cuenta aspectos similares que los identifican, lo cual favoreció el establecimiento de relaciones entre familias y concepto (véase tabla 3.25).

Tabla 3.25. *Familias de temas identificados en el foro virtual sobre lípidos*

Familia	Temas	Descripción
Bioquímica	• Colesterol	Recopila todos los temas que trabajados desde lo estrictamente químico o bioquímico.
	• Energía	
	• Lípidos como antioxidantes	
	• Relación entre ácidos grasos y triglicéridos	
	• Relación con el metabolismo	
	• Relación con las hormonas	
	• Relación con las vitaminas	
	• Relación lípidos y genética	
	• Triglicéridos	

Familia	Temas	Descripción
Salud	• Clasificación	Recopila todos los temas en los cuales los lípidos influyen en aspectos de la salud.
	• Colesterol y alimentos	
	• Dieta	
	• Lípidos y enfermedades	
	• Obesidad	
	• Relación con el sedentarismo	
	• Relación con enfermedades psicológicas	
	• Relación con la industria	

Fuente: elaboración propia.

La tendencia generalizada de realizar la discusión alrededor de la salud mostró el intento de los estudiantes por plantear soluciones al problema propuesto. Se observó claramente el uso de diversas fuentes bibliográficas, ya que se generaron discusiones argumentadas, aspecto que favoreció la construcción de conceptos en una función de dos vías: el autoaprendizaje mediante indagación y el trabajo colectivo gracias al debate.

Los temas se clasificaron en dos familias. La primera de ellas, Bioquímica, incluye aspectos tratados desde la ciencia, entre los que se encuentran las relaciones de los lípidos con las vitaminas, especialmente como un solvente que facilita su transporte y disponibilidad, así como materia prima para la síntesis de vitamina D, la ruta metabólica de los lípidos e inclusive la relación que existe con la genética y los trastornos metabólicos de los lípidos. La segunda familia es Salud, en la cual se presenta la relación de los lípidos con aspectos como la industria, el sedentarismo, la obesidad, la dieta y las enfermedades psicológicas, entre otros.

Tanto las discusiones realizadas en el foro como la identificación de los temas centrales de análisis y las familias que los agrupan permitieron construir relaciones entre conceptos y temas, las cuales son importantes para anclar los conceptos a la estructura cognitiva, lo cual favorece el aprendizaje significativo. Gracias a estas relaciones, fue posible observar el nivel de complejidad y el grado de comprensión alcanzado durante la construcción de conceptos y la fundamentación teórica lograda por la indagación en fuentes bibliográficas.

Consideraciones

La figura 3.45 muestra la red de relaciones entre los temas trabajados por los estudiantes en el foro.

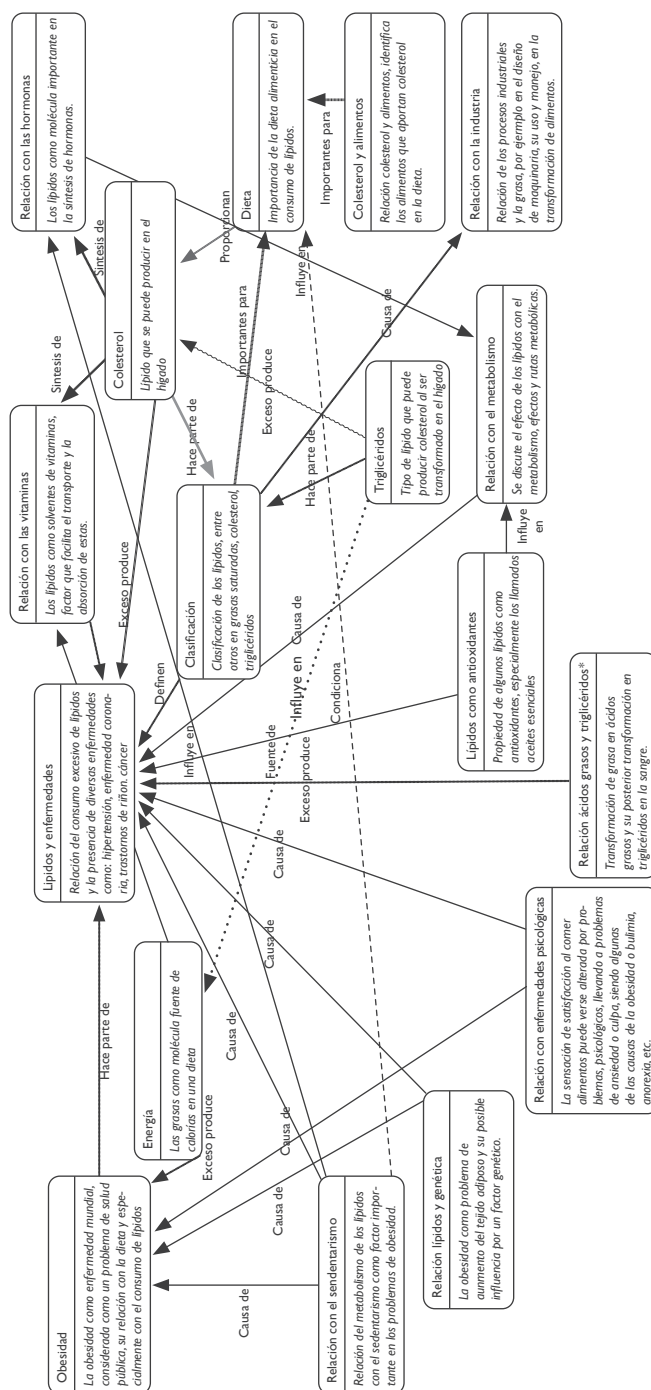


Figura 3.45. Red de relaciones entre temas del foro sobre lípidos

Fuente: elaboración propia con base en el foro.

Según la red general de temas, la relación entre lípidos y enfermedades se consolidó como el centro de discusión. Esto les permitió a los estudiantes interrelacionar temáticas sobre el metabolismo, las vitaminas, la genética, la energía, la clasificación de los lípidos, las hormonas, la actividad como antioxidantes, entre otros aspectos netamente bioquímicos, así como otros relacionados con el área de la salud y la industria, como es el caso de la dieta, el colesterol y los alimentos, la industria, las enfermedades psicológicas, la obesidad y el sedentarismo.

Las relaciones en las temáticas netamente bioquímicas se observan en la figura 3.46. Se aprecia el esfuerzo de utilizar conceptos científicos en la solución del problema planteado; por ejemplo, se destacan aspectos abordados por los estudiantes sobre la bioquímica de los lípidos. Algunos de ellos son metabolismo, energía, relación con vitaminas, hormonas, genética y triglicéridos. Otros son discutidos con una buena fundamentación teórica, lo cual implica una búsqueda documental previa al foro. Es el caso de la relación entre lípidos y vitaminas, ya que los estudiantes expresaron claramente que los lípidos actúan como solvente de algunas vitaminas facilitando su transporte y efectiva utilización en los procesos donde se requieren.

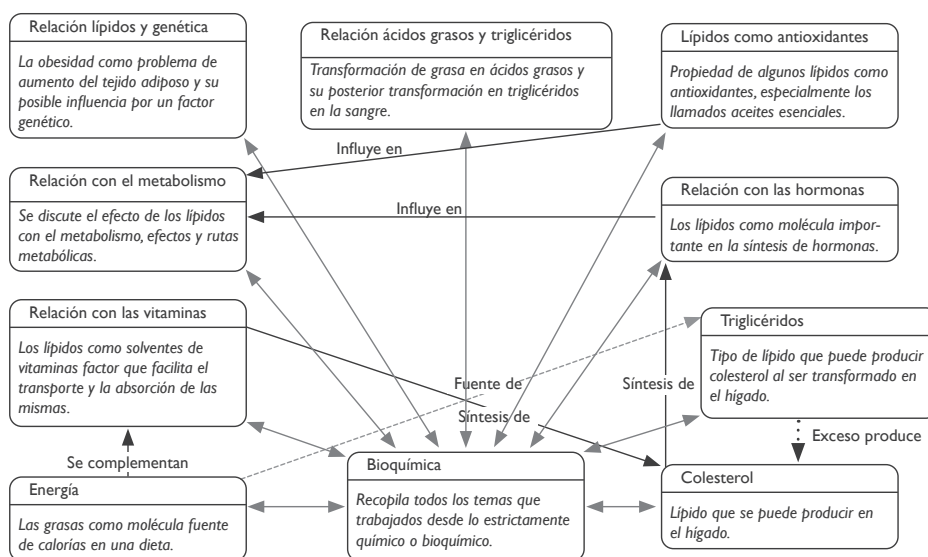


Figura 3.46. Red de temas asociados con los conceptos en bioquímica

Fuente: elaboración propia con base en el foro.

Se destaca el tema del metabolismo, alrededor del cual se identificaron las rutas metabólicas y sus efectos en algunos aspectos hormonales, especialmente

en su síntesis y efecto antioxidante de algunos compuestos lipídicos. Este es un buen indicador del proceso, teniendo en cuenta que en el informe de laboratorio fueron temas prácticamente excluidos de la discusión.

Si bien se destacan avances en los temas relacionados con la bioquímica de los lípidos en el contexto de enfermedades, se identificaron conceptos erróneos que persistieron en la discusión. Tal es el caso de la relación entre lípidos y triglicéridos, entendida como una relación entre grasa que se transforma en ácidos grasos y posteriormente en triglicéridos en la sangre. Con estas afirmaciones los estudiantes parecen tener la concepción fuertemente arraigada de que la síntesis de los triglicéridos sucede en la sangre, cuando realmente ocurre mediante diversas vías; una es el intestino a partir de los ácidos grasos procedentes de la hidrólisis de triglicéridos consumidos en los alimentos; otra es el hígado a partir de ácidos grasos presentes en el plasma o a partir de intermediarios del metabolismo de glúcidos (A. Gil, 2010). Todos ellos pueden ser transportados por la sangre, explicando los problemas de altos niveles al consumir un exceso de carbohidratos.

En la red de temas presentada en la figura 3.46 se evidencia una relación entre las hormonas y el metabolismo de los lípidos de forma general; también que los estudiantes no profundizaron en ella, especialmente en el contexto de los problemas de obesidad. Por otra parte, es conocido por la comunidad científica que la hipercolesterolemia está asociada con el hipotiroidismo, y también se reconoce la existencia de un vínculo entre los bajos niveles hormonales de la tiroides y los niveles variables de triglicéridos en la sangre (Becker, 2001). Los errores conceptuales y la falta de profundidad en los temas trabajados con anterioridad sugieren la necesidad de continuar desarrollando actividades para profundizar en los conceptos hasta lograr anclarlos en la estructura cognitiva de forma correcta.

En la red de temas asociados con la salud, se puede observar que los lípidos y la salud fue el tema principal sobre el que los estudiantes realizaron su discusión (véase figura 3.47). Esto les ayudó a crear relaciones y a construir conceptos asociados a los lípidos, además de vincular el conocimiento científico con aspectos de dominio público como el sedentarismo o la obesidad.



Fuente: elaboración propia con base en el foro.

Los aspectos relacionados con la salud, el consumo excesivo de lípidos y la presencia de diversas enfermedades como hipertensión, trastornos de riñón, cáncer y obesidad, entre otros, sugieren la importancia de utilizar actividades donde el debate, el intercambio de opiniones y la cooperación faciliten la discusión, la construcción y probablemente la reconstrucción de conceptos bioquímicos, así como la formación de relaciones que podrían llevar a un aprendizaje significativo perdurable en el tiempo.

Mapa conceptual

Las actividades realizadas durante el estudio y análisis de los lípidos, con el objetivo de relacionarlos con los problemas de obesidad, buscaron ser una vía para lograr el aprendizaje significativo de conceptos asociados a la bioquímica, razón por la cual se pidió a los estudiantes elaborar un mapa conceptual a partir de 19 conceptos (véase anexo 2), organizados en la tabla 3.26 por temas. Ellos tuvieron la libertad de adicionar los conceptos que consideren importantes en la elaboración del mapa.

Tabla 3.26. *Conceptos propuestos para el mapa conceptual sobre lípidos*

Tema	Conceptos
Química	Lípidos
	Grasas saturadas
	Colesterol
	Grasas animales
	Grasas vegetales
	Parámetros químicos
Bioquímica	Metabolismo
	Ciclo de Krebs
	Energía
	Protección
Alimentos y salud	Sabor en alimentos
	Obesidad
	Enfermedad cardíaca
	Densidad
	Huevo
	Carne
	Aromas en alimentos
	Cocina
	Textura en alimentos

Fuente: elaboración propia.

Con la información recolectada se hizo una aproximación a la estructura cognitiva de los estudiantes respecto a los conceptos propuestos y adicionados en el momento de elaborar el mapa conceptual. En general, estos mapas conceptuales presentaron una estructura jerárquica, con algunas proposiciones válidas, algunas erradas y con diferentes niveles de complejidad. En ellos se destaca el concepto lípidos como central, del que se derivan todas las proposiciones. Sin embargo, la ausencia de interrelaciones cruzadas entre proposiciones, y muy pocas relaciones con los temas de carbohidratos o proteínas, a pesar de la libertad de incluir otros conceptos, muestran la dificultad de articular estas tres temáticas.

El mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje activo tiene una baja complejidad debido a que las proposiciones elaboradas a partir de los lípidos como concepto central son simples, además de centradas en líneas jerárquicas lineales y aisladas (véase figura 3.48).

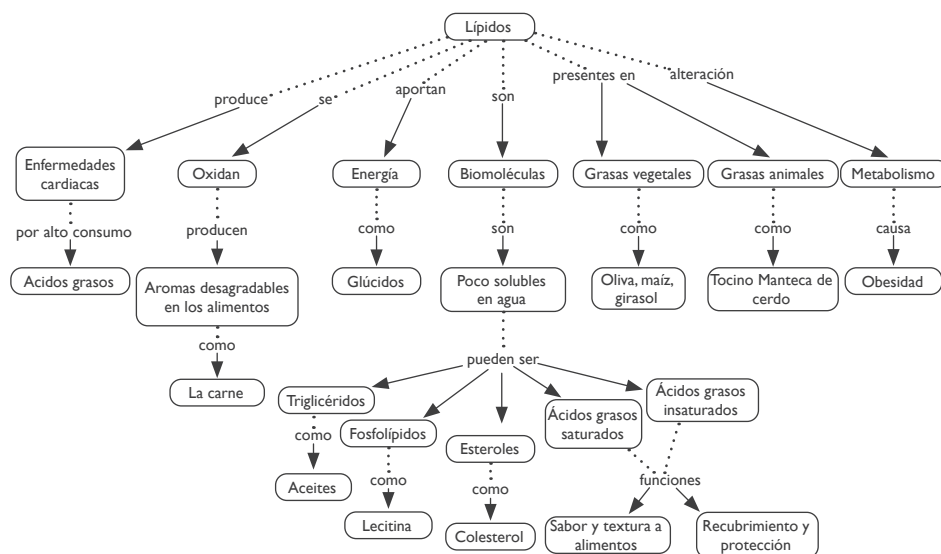


Figura 3.48. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje activo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 35.

En general, este mapa conceptual no incluye todos los conceptos y temas propuestos, ni contiene temas fundamentales del metabolismo, como es el ciclo de Krebs, en el cual explica la producción de energía. Tampoco incluye densidad y parámetros químicos, entre otros. Por otra parte, se destaca el intento por incluir, dentro de la estructura jerárquica, conceptos diferentes a los propuestos, como

es el caso de fosfolípidos, triglicéridos y esteroides. Sin embargo, dichos conceptos solo son mencionados como subordinados, mas no como conceptos complementarios de otros, y representados por relaciones cruzadas en un mapa conceptual. Estos hechos permiten evidenciar cierta evolución cognitiva.

Se identifican algunas líneas jerárquicas mal estructuradas que generan dudas frente al real conocimiento que se tiene al respecto, con el consecuente concepto errado que aparece como conclusión, según el cual el estudiante parece insinuar que una alteración en el metabolismo produce obesidad, sin embargo, no profundiza en el tipo de alteración metabólica. Por ejemplo, puedo haber indicado la ruta metabólica afectada, esto debido a que una alteración metabólica puede producir diversos problemas de salud y no necesariamente problemas de obesidad.

El mapa conceptual de la figura 3.49 fue elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático. La organización jerárquica de los conceptos, la presencia de conceptos de orden superior y subordinados, con palabras conectoras, muestran que el mapa conceptual está bien estructurado, lo cual indica la existencia de elementos que permiten presumir un posible aprendizaje significativo (Hay, 2007).

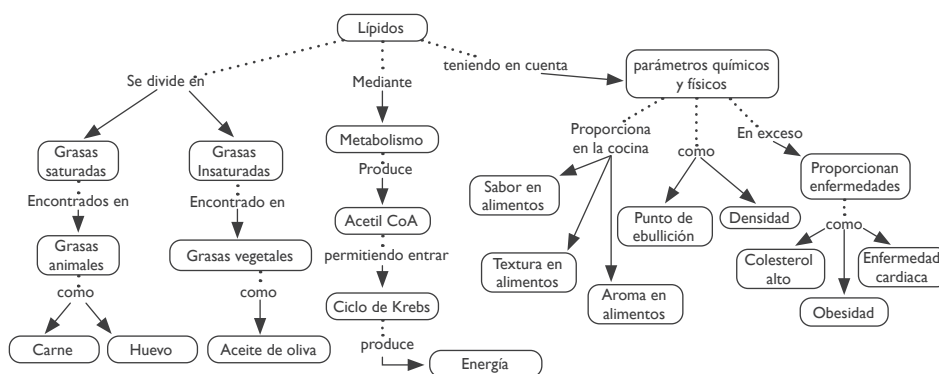


Figura 3.49. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 65.

En el mapa anterior se observa la existencia de algunas proposiciones no válidas o que generan incertidumbre; por ejemplo, en la proposición que asocia las enfermedades al consumo de lípidos, al usar el conector “en exceso”, el estudiante parece asumir que un exceso de parámetros químicos y físicos generan enfermedades. Esto podría ser cierto, pero es confuso debido a la falta de profundidad o ampliación mediante otra u otras proposiciones.

El mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo tiene una mayor complejidad que los anteriores: organizado jerárquicamente y cuenta con diversos enlaces cruzados, lo que permite suponer un mayor nivel de aprendizaje significativo (*véase* figura 3.50). Si se compara con los anteriores mapas, evidencia una mayor profundidad y relación con otros temas.

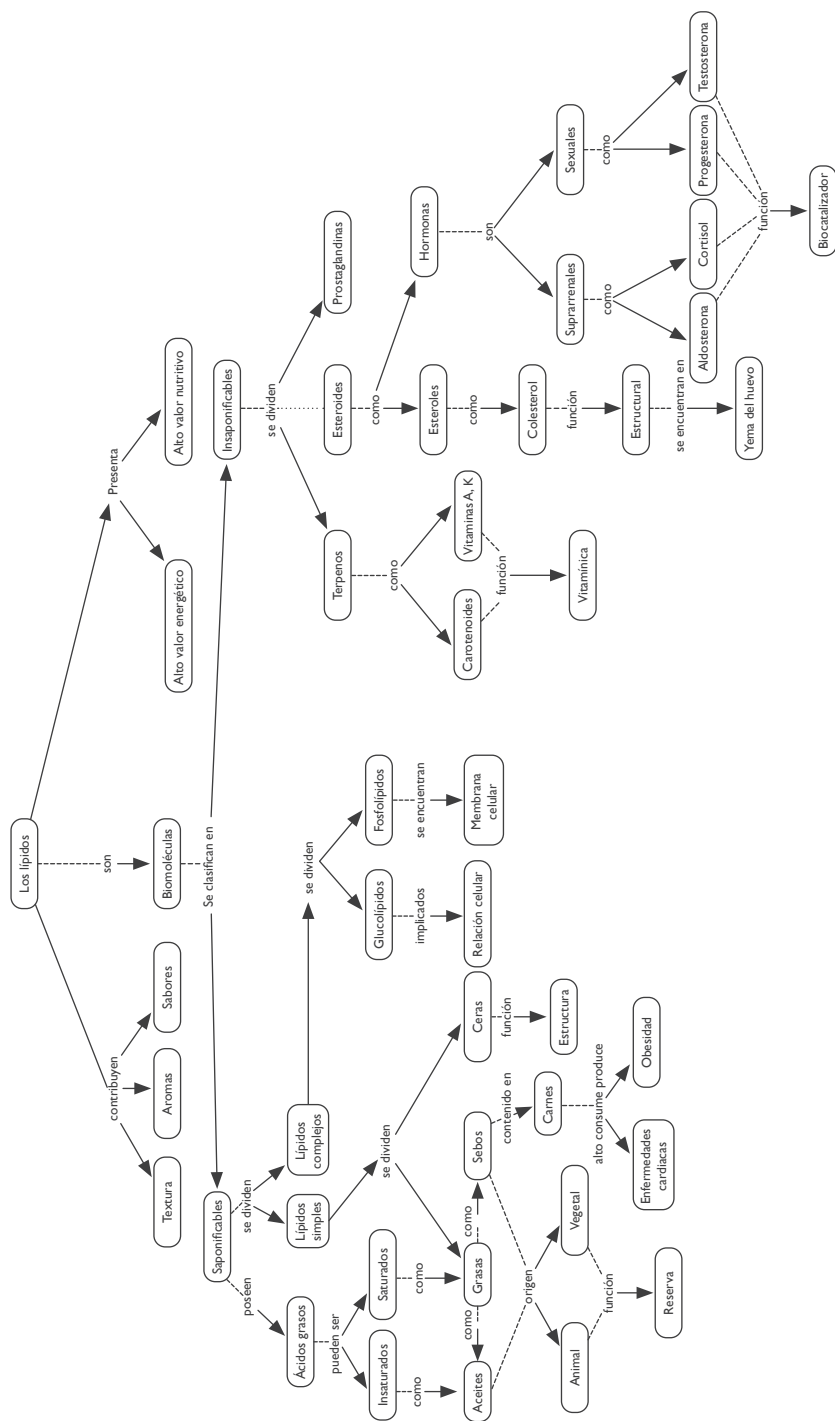


Figura 3-50. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 98.

Aquí el estudiante utiliza otros conceptos asociados a los lípidos, como terpenos y esteroides; también vincula hormonas y vitaminas en proposiciones válidas dentro de la estructura jerárquica propuesta. Además incluye las relaciones de la célula con los fosfolípidos y glucolípidos, lo cual sugiere que ha logrado plantear un punto de encuentro entre las proteínas, los glúcidos y los lípidos. Sin embargo, no incorporó conceptos clave dentro de la bioquímica, como metabolismo, ciclo de Krebs y parámetros químicos, los cuales son integradores entre las biomoléculas y su relación con las enfermedades asociadas a los desórdenes alimentarios. Lo anterior indica que estas son temáticas y conceptos con cierto nivel de dificultad para los estudiantes.

El mapa conceptual de la figura 3.51 fue elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje teórico. Se destaca la clasificación de la fracción lipídica desde la característica química de reaccionar con KOH o NaOH , hidrolizarse y obtener sales alcalinas. Esta proposición está correctamente elaborada y sobre todo bien relacionada con temas como la presencia de lípidos en alimentos de origen animal y vegetal, e incluye conceptos no propuestos por el profesor, como ácidos grasos, *cis* y *trans*, terpenos, esteroides, esfingolípidos y fosfolípidos, entre otros.

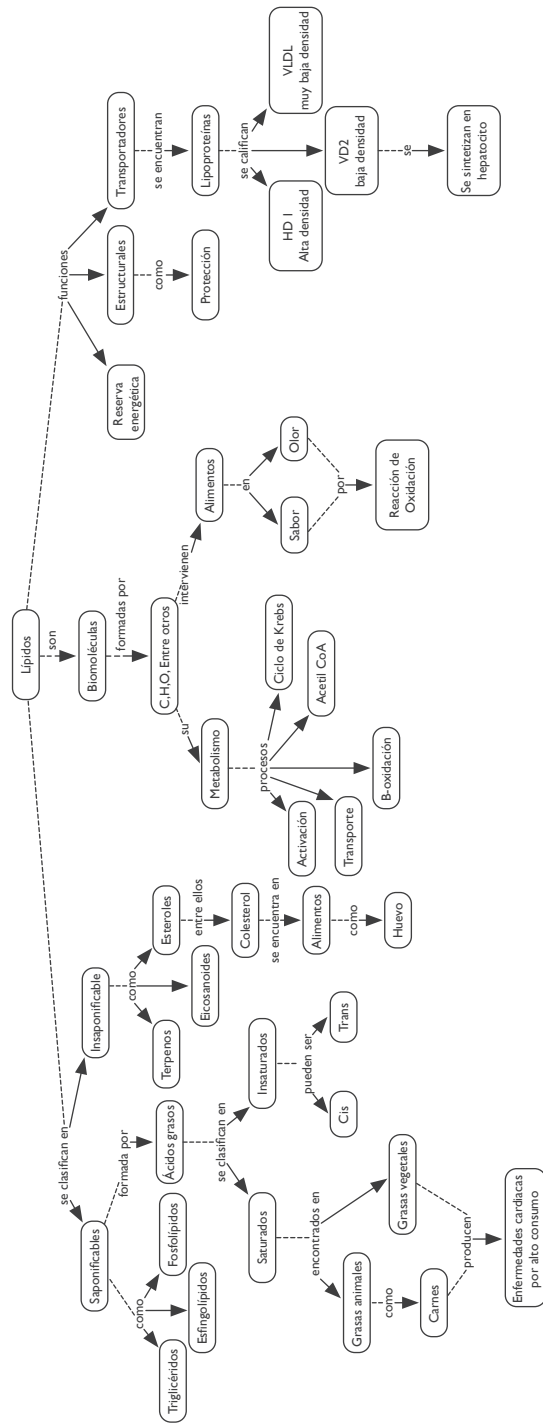


Figura 3-51. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje teórico

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 30.

En otra proposición, el estudiante elabora relaciones enfocadas en la composición elemental, el metabolismo y la importancia en los alimentos, utilizando como concepto supraordenado el término genérico lípidos; llega a conceptos más específicos como Acetil CoA, o β oxidación, pasando por metabolismo. Esta proposición muestra una buena construcción conceptual de la temática con fundamentación teórica.

Los conceptos obesidad, textura de alimentos y parámetros químicos no fueron incluidos en la construcción del mapa conceptual, probablemente porque son difíciles de vincular y relacionar con temas bioquímicos. Esto sugiere la necesidad de profundizar un poco más en su estudio.

Finalmente, en la figura 3.52 se observa un ejemplo de mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje multiestilo. Presenta una estructura jerárquica en la que no incluye los conceptos asociados con las transformaciones de los alimentos gracias a la presencia de los lípidos, por lo que probablemente el estudiante tenía problemas para relacionar los conceptos científicos con actividades comunes, como el procesamiento de alimentos. Esta situación hace percibir una duda frente al aprendizaje significativo logrado en este campo.

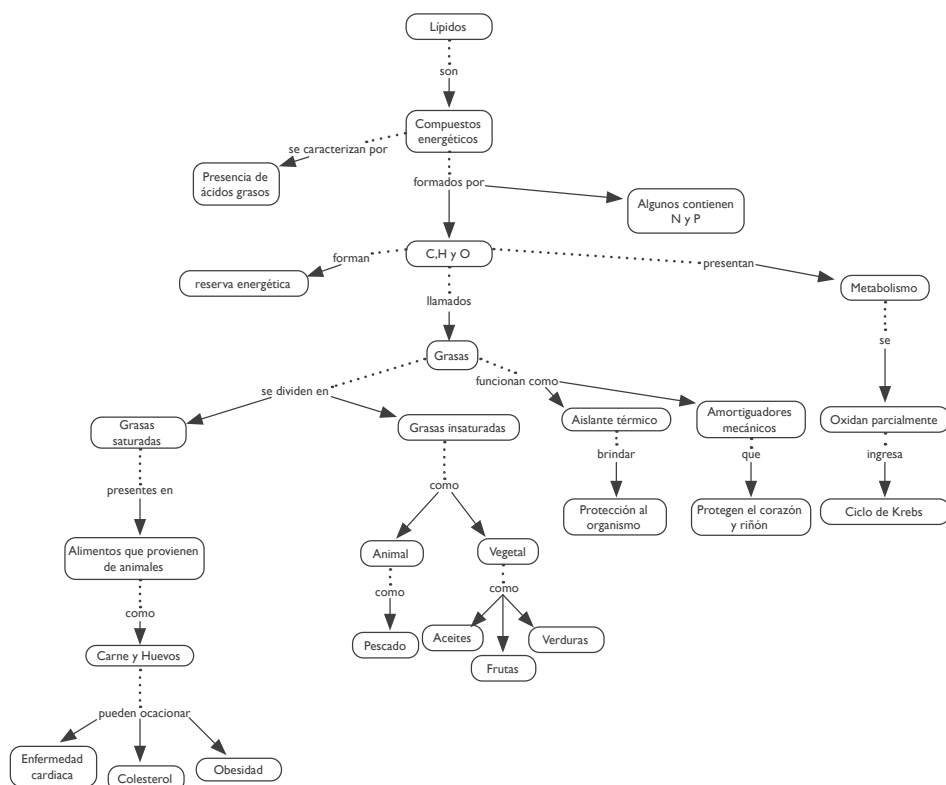


Figura 3.52. Mapa conceptual sobre lípidos de un estudiante con estilo de aprendizaje multiestilo

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 100.

Se resalta la no inclusión de conceptos nuevos propuestos por el estudiante y la falta de relaciones cruzadas entre las proposiciones, aspectos que generaron un mapa conceptual simple, limitado a los conceptos propuestos por el profesor y hace suponer una baja capacidad para relacionar los conceptos bioquímicos asociados a los lípidos con fenómenos propios de la vida cotidiana.

Sorprende que el estudiante entienda los lípidos como moléculas formadas solamente por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuando existen otros elementos que pueden hacer parte de este grupo de compuestos orgánicos. Este hecho hace pensar que la fundamentación previa al curso de bioquímica, enmarcada en la química orgánica, presentó algunas dificultades, como la falta de identificación de los errores conceptuales y, por tanto, un diseño inadecuado de actividades encaminadas a resolverlos. Esto puede influir en la construcción de conceptos, derivando en nuevos conceptos erróneos o mal estructurados. Algunos autores

han relacionado las concepciones alternativas y los errores conceptuales de los alumnos con las concepciones alternativas y los errores conceptuales de los profesores (Calixto y García, 2011).

Consideraciones generales sobre las actividades desarrolladas en el aula

Frente a la intervención en el aula se observaron algunas tendencias generales que caracterizaron a los estudiantes en su forma de abordar los problemas, desarrollar las actividades experimentales en el laboratorio, analizar los resultados obtenidos allí y formular conceptos y principios utilizados para resolver los problemas. Estas tendencias permiten plantear algunas consideraciones generales sobre la aplicación de las actividades en el aula, las cuales se enuncian a continuación.

- Mediante consenso, se evidenció la preferencia de los estudiantes por realizar actividades introductorias a la resolución de los problemas planteados; entre ellas, la indagación en fuentes bibliográficas diversas, incluyendo la interacción con expertos mediante una clase magistral, en la cual se aclaraban dudas y se ampliaban aspectos encontrados en la revisión bibliográfica. Sin embargo, es importante el papel del profesor, quien debe mantener el objetivo de las actividades, ya que ocasionalmente tienden a salirse del modelo de resolución de problemas.
- Los estudiantes asumieron un papel protagónico y activo al proponer las actividades de laboratorio, las matrices de análisis, los procedimientos analíticos y la estructura del informe final.
- Los informes de laboratorio se sustentaron en la indagación en fuentes bibliográficas, todas ellas propuestas por los estudiantes.
- El análisis de resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio se centró especialmente en el análisis operativo y algorítmico. La explicación de los errores experimentales y sus fuentes parecían ser primordiales para los estudiantes, dejando en un segundo plano la relación de los resultados con el problema planteado.
- Los foros virtuales propuestos permitieron debatir cooperativamente las ideas que cada estudiante tenía sobre las temáticas relacionadas con el problema planteado. Al parecer esta actividad abre la puerta para el reacomodamiento de la estructura cognitiva, la construcción y la reconstrucción de conceptos, así como para anclar los conceptos nuevos a la estructura cognitiva.
- Los mapas conceptuales parecen mostrar un avance en la estructura cognitiva: los estudiantes presentaron conceptos organizados jerárquicamente y

con proposiciones válidas, las cuales no aparecieron en el mapa conceptual inicial (pretest).

- Los mapas conceptuales también ayudaron a identificar algunos problemas conceptuales como errores en la construcción de proposiciones, falta de relaciones cruzadas entre proposiciones que demuestren la aplicabilidad en otros campos del conocimiento, e inclusive la presencia de conceptos aislados. Probablemente, estos problemas sean indicadores de un aprendizaje memorístico o representacional, como lo plantea Ausubel (2002). Las dificultades para establecer relaciones cruzadas entre proposiciones sugieren la existencia de temáticas complejas y evidencian la necesidad de diseñar nuevas actividades con el fin de lograr un aprendizaje significativo de conceptos, a fin de eliminar confusiones entre conceptos.
- Las apreciaciones identificadas al final de las actividades aplicadas permitieron iniciar nuevamente el ciclo de aprendizaje propuesto en el modelo de Honey y Mumford (1986): una vez realizada la reflexión sobre la actividad, en la que se identifican dificultades para elaborar proposiciones válidas, se plantea de nuevo unas hipótesis de trabajo que lleven a una planeación, experimentación, y otra vez a una reflexión.
- Las actividades aplicadas en el marco de la resolución de problemas al parecer surtieron el efecto esperado, teniendo en cuenta que se percibió una buena actitud de trabajo en los estudiantes, se creó un ambiente motivador y se observó que al avanzar en las actividades propuestas aumentó el grado de complejidad conceptual utilizado en las discusiones de resultados de los informes y en el foro. Estos avances están representados en la argumentación utilizada por los estudiantes en el momento de discutir resultados o en su participación en el foro, así como en los mapas conceptuales, elaborados cada vez con mayor complejidad estructural.

ANÁLISIS DEL PRETEST: MAPA CONCEPTUAL INICIAL

Una de las formas para evaluar el aprendizaje significativo es la utilización de mapas conceptuales, ya que permiten observar la estructura cognitiva de quien los elabora, los conceptos erróneos, las palabras conectoras y las proposiciones, así como la posible evolución del aprendizaje significativo con las actividades propuestas. Para el pretest, los estudiantes debían relacionar 21 conceptos asociados a la bioquímica (véase anexo 1) en un mapa conceptual. Para evaluarlo, se elaboró una matriz que identifica algunas categorías relacionadas con la estructura, los conceptos, las palabras de enlace, las proposiciones y las relaciones cruzadas, como se mencionó en la metodología (véase capítulo 2). En la tabla 3.27 se detalla la matriz evaluativa.

Tabla 3.27. *Matriz evaluativa del mapa conceptual*

Categoría	Puntaje
Número de conceptos propuestos utilizados (NCPU)	NCPU * 2
Número de conceptos propuestos válidos (NCPV)	NCPV * 4
Valoración jerárquica (VJ)	VJ * 1
Número de proposiciones válidas (NPV)	NPV * 4
Número de relaciones cruzadas válidas (NRCV)	NRCV * 4
Número de conceptos nuevos válidos (NCNV)	NCNV * 2
Número de proposiciones erradas (NPE)	NPE * -4
Puntaje total (PT)	$PT = \sum P_n$
Puntaje total de referencia (PTR)	PTR
Valoración (V)	$V = PT * 10 / PTR$
Valoración asignada según rango (VA)	VA

Fuente: elaboración propia.

La valoración del mapa conceptual se realizó mediante el puntaje asignado a cada categoría, y se comparó con la valoración obtenida en el mapa conceptual de referencia (véase anexo 1).

La tabla 3.28 presenta la valoración holística que se puede dar a un mapa conceptual y la tabla 3.29, la valoración que se puede asignar al mapa conceptual por categorías y el correspondiente valor asignado (V_A) según el rango.

Tabla 3.28. *Nota holística del mapa conceptual*

Nota holística	Símbolo	Escala
Muy deficiente	MD	0
Insuficiente	I	1
Suficiente	S	2
Bien	B	3
Notable	N	4
Excelente	E	5

Fuente: Rey (2008, p. 78).

Tabla 3.29. *Categorización valoración (v) a valor asignado (v_A)*

Rango valoración (v)	Símbolo	Valor asignado (v _A)
De 0,0 a 2,0	MD	0
De 2,1 a 4,9	I	1
De 5,0 a 5,9	S	2
De 6,0 a 6,9	B	3
De 7,0 a 8,4	N	4
De 8,5 en adelante	E	5

Fuente: Rey (2008, p. 78).

Validación de la matriz evaluativa

Para lograr una mayor confiabilidad en las valoraciones que se adjudicaron a los mapas conceptuales, se realizó un análisis de fiabilidad mediante el cálculo de la constante alfa de Cronbach. En la tabla 3.30 se presenta el valor asignado (v_A) que cada evaluador experto asignó a los mapas conceptuales, incluyendo el mapa conceptual de referencia identificado con el número 1, y en la tabla 3.31, el índice de fiabilidad de Cronbach, cuyo resultado muestra que los mapas conceptuales enmarcados en el contexto de los alimentos son altamente fiables.

Tabla 3.30. *Tabla de datos valor asignado (v_A) para cálculo de fiabilidad*

Estudiante	Mapa conceptual	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Evaluador 5	Evaluador 6
01	1	5	4	4	5	5	5
21	2	3	3	1	3	4	3
29	3	3	2	1	3	0	2
55	4	3	4	2	0	2	2
56	10	3	2	3	3	3	3
61	6	1	0	1	1	1	0
71	5	2	2	2	0	1	1
80	7	3	1	3	4	3	4
100	9	3	2	3	1	2	3
102	8	2	2	0	1	2	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.31. Estadístico de fiabilidad alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	N.º de elementos
0,893	6

Fuente: elaboración propia.

Análisis cualitativo del mapa conceptual inicial

Mediante la observación de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes, fue posible una aproximación a su estructura cognitiva inicial respecto a los conceptos asociados a las proteínas, los glúcidos y los lípidos. En la mayoría de los mapas fue evidente la identificación de algunos conceptos, pero no mostraban claramente alguna relación entre ellos, ya que las palabras de enlace no eran las adecuadas para formar una unidad de significado o proposición válida. Este hecho permite suponer que los conceptos trabajados en cursos anteriores como Química Orgánica, Biología o Bioquímica, en los cuales se abordan las temáticas de carbohidratos, lípidos y proteínas, no fueron lo suficientemente interiorizados o se realizó un ejercicio memorístico sin lograr una asociación lo suficientemente fuerte, anclada a la estructura cognitiva, de tal forma que pueda ser aplicada correctamente en la vida profesional. Un ejemplo claro se muestra en la figura 3.53.

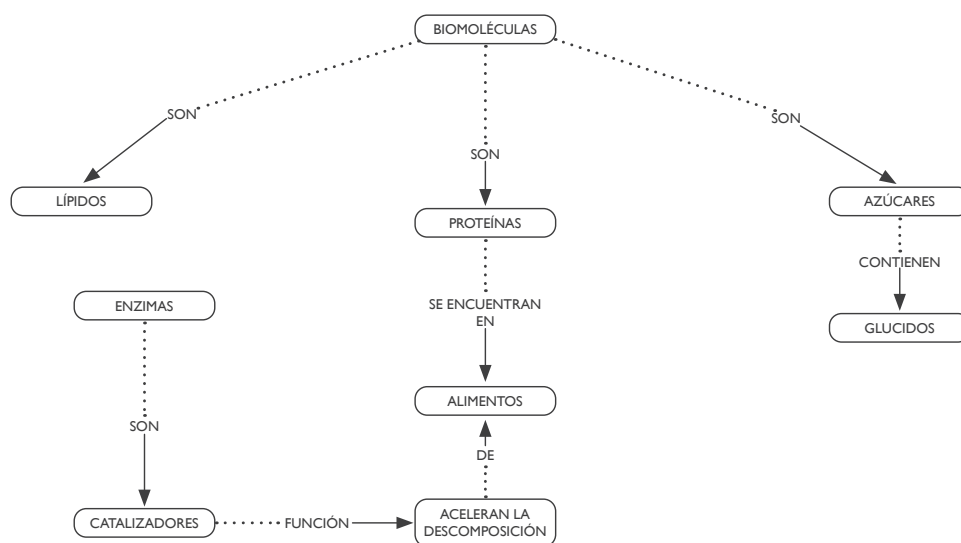


Figura 3.53. Mapa conceptual inicial del estudiante 100 (estilo de aprendizaje multiestilo)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 100.

Las imprecisiones conceptuales se observan, por el ejemplo, en el hecho de definir las enzimas como moléculas que catalizan las reacciones de descomposición de alimentos, proposición parcialmente válida. El estudiante no tiene en cuenta, por ejemplo, su intervención en procesos anabólicos, en la síntesis de hormonas, en la decodificación del código genético presente en el ADN, entre muchas otras funciones. Además desconoce que algunas enzimas actúan regulando reacciones y no solamente acelerándolas, como parece entenderlo.

Este hecho ha sido estudiado por otros investigadores, quienes suponen que las imprecisiones conceptuales se puede atribuir a la enseñanza orientada a “entrenar” a los estudiantes para responder las pruebas, por lo cual se hace énfasis en la memorización de nombres, reacciones y operaciones matemáticas para realizar cálculos, pero sin una integración conceptual que permita un aprendizaje duradero. Por tanto, se propone revisar la forma como se enseña, así como los contenidos utilizados para tal fin (Garófalo *et al.*, 2014).

Por otra parte, el estudiante construye una proposición relacionando azúcares y glúcidos. Según parece, considera que los azúcares contienen glúcidos, cuando es aceptado que *glúcidos* es un término mucho más general que los azúcares; por tanto, lo esperado es que la proposición sea que dentro de los glúcidos se encuentran los azúcares. Otro error claramente identificado es la relación simple de las proteínas con los alimentos, que desconoce que también se podían relacionar los glúcidos y los lípidos.

En el ejemplo de la figura 3.54 se observa que el estudiante jerarquiza los conceptos; sin embargo, la simpleza de las relaciones entre conceptos hace que el mapa conceptual cuente con una estructura poco compleja y revele el poco conocimiento de los temas. Por ejemplo, el estudiante considera que las proteínas, los azúcares y los lípidos son unas biomoléculas importantes para la vida por su producción de energía, mas no las vincula con otros conceptos propuestos, ni otras funciones importantes. Además, el concepto enzima solamente es asociado a su función catalítica, pero no a las proteínas.

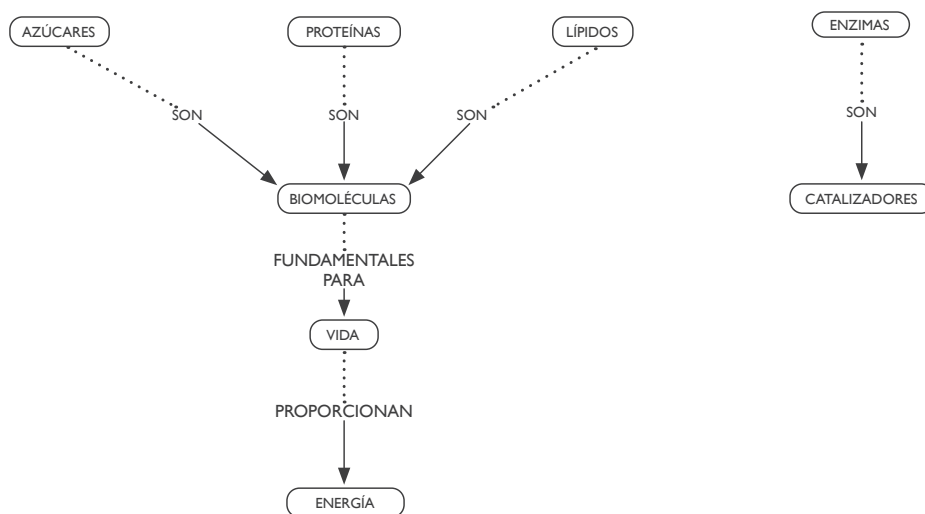


Figura 3.54. Mapa conceptual inicial del estudiante 96 (estilo de aprendizaje activo)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 96.

Al respecto, R. Hernández (2013) menciona que en general los estudiantes no tienen claro el concepto de nutrientes, lo confunden con el alimento presente en un plato que se ingiere, lo cual evidencia un claro desconocimiento de los conceptos carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales presentes en los alimentos. Además, en muchas ocasiones, no distinguen las funciones de los nutrientes en el organismo. Este resultado muestra claramente que existen confusiones en el uso de los conceptos e invita a proponer soluciones en un proceso de enseñanza-aprendizaje contextualizado, donde se logre identificar las diversas correlaciones entre los conceptos químicos con el contexto empleado.

En términos generales, ningún estudiante de los 102 que integraron la población en estudio incluyó ejemplos u otros conceptos que se relacionaran, aspecto que hace suponer el bajo anclaje de conceptos a la estructura cognitiva y, por tanto, un bajo nivel de aprendizaje significativo, por lo que difícilmente podrán utilizarlos para dar respuesta a interrogantes en los que eventualmente requieran de su aplicación.

Este panorama inicial muestra que los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes son simples, la escasa organización jerárquica se presenta sin relaciones lógicas entre los conceptos, estos están aislados. Este resultado es similar al reportado en otros estudios, en los cuales afirman que estos mapas conceptuales iniciales, además de simples, permiten identificar las dificultades que tienen los

estudiantes en el momento de explicarlos, entre ellas, una alta inseguridad (González *et al.*, 2012).

Análisis cuantitativo del mapa conceptual inicial

La utilización de la matriz evaluativa (véase tabla 3.27) permitió observar que la mayoría de estudiantes, independientemente de su estilo de aprendizaje, se ubicaron en un valor de 2, debido a la baja complejidad de sus mapas conceptuales: no incluían todos los conceptos propuestos, algunas de las proposiciones no eran válidas, mencionaban otros conceptos pero elaboraban de forma incorrecta las proposiciones, entre otros aspectos. En la tabla 3.32 se listan algunos de los resultados obtenidos por estudiantes con diferente estilo de aprendizaje.

Tabla 3.32. *Ejemplos de la valoración dada al mapa conceptual inicial (pretest)*

Identificación estudiante	Estilo de aprendizaje	Puntuación total	Valoración	Valor asignado según rango	Etiqueta
01	Multiestilo	95	5,0	2	S
02	Multiestilo	103	5,4	2	S
03	Multiestilo	64	3,4	1	I
04	Multiestilo	95	5,0	2	S
05	Multiestilo	28	1,5	0	MD
06	Multiestilo	74	3,9	1	I
07	Multiestilo	59	3,1	1	I
08	Multiestilo	54	2,8	1	I
09	Multiestilo	47	2,5	1	I
10	Activo	96	5,1	2	S
11	Activo	100	5,3	2	S
14	Reflexivo	78	4,1	1	I
38	Reflexivo	98	5,2	2	S
30	Teórico	95	5,0	2	S
31	Teórico	97	5,1	2	S
36	Pragmático	70	3,7	1	I
37	Pragmático	35	1,8	0	MD
65	Pragmático	98	5,2	2	S

Notas: MD: Muy deficiente, I: Insuficiente, S: Suficiente, B: Bueno, N: Notable, E: Excelente.

Fuente: elaboración propia.

En las figuras 3.55 y 3.56 se observa un panorama general de la valoración obtenida en los mapas conceptuales iniciales por cada estilo de aprendizaje. Se destaca el hecho de que solamente algunos estudiantes con estilo de aprendizaje teórico y multiestilo lograron obtener un resultado de 3, sin ser unos mapas conceptuales lo suficientemente complejos para considerarlos como una representación de una estructura cognitiva aceptable para los temas tratados.

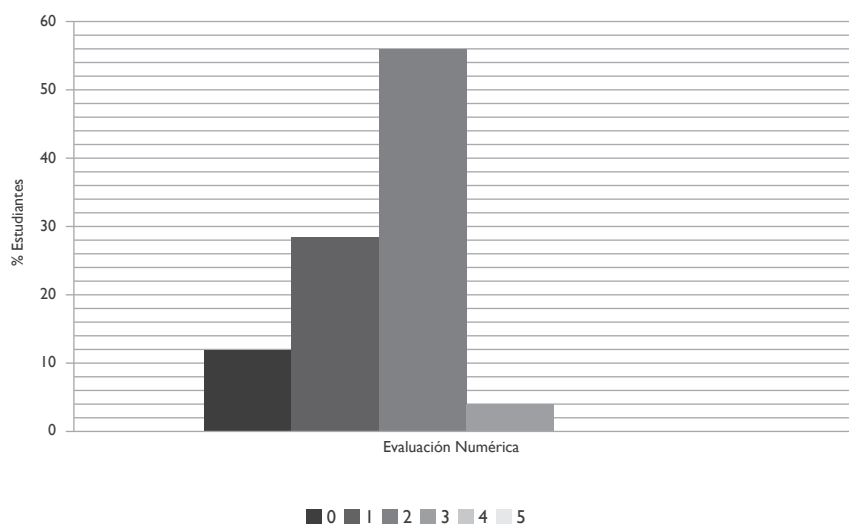


Figura 3.55. *Distribución porcentual de la evaluación del mapa conceptual inicial*

Fuente: elaboración propia.

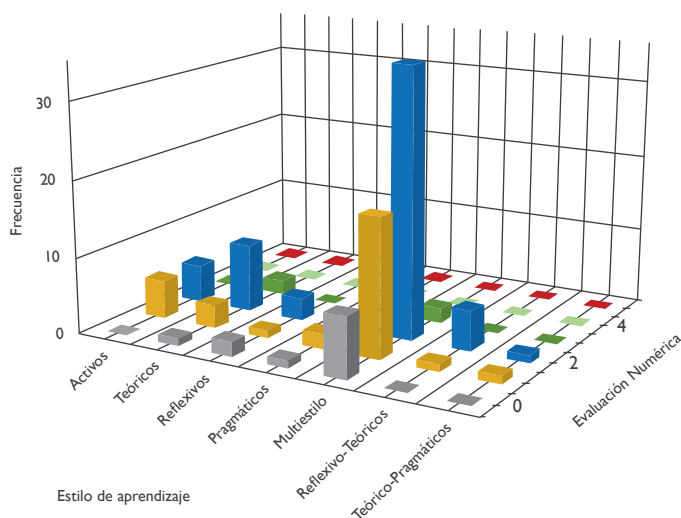


Figura 3.56. Evaluación general del mapa conceptual inicial: frecuencia, estilo de aprendizaje y valoración

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, con el fin de determinar si existía alguna correlación entre los estilos de aprendizaje y la valoración asignada al mapa conceptual, se utilizó el paquete estadístico *SPSS*. Es importante aclarar que las variables Estilos de aprendizaje y Valor numérico asociadas a la construcción del mapa conceptual se clasificaron como nominales y ordinales, respectivamente.

Una *variable nominal* es aquella que utiliza nombres para establecer categorías con la condición de que cada dato pertenezca única y exclusivamente a una de estas categorías, donde los datos son agrupaciones no ordenados; por su parte, la *variable ordinal* hace referencia a una escala ordenada, que puede ser numérica pero no implica que se pueda definir una distancia entre los valores (Escudero *et al.*, 2005). Considerando esto, los estilos de aprendizaje cuentan con categorías en las que se clasifican los estudiantes, en tanto que la asignada al mapa conceptual es una escala ordinal que tiene valores numéricos, que definen un orden de construcción conceptual o aprendizaje significativo.

Se utilizó el análisis de regresión ordinal para dar forma a la dependencia de una respuesta de la variable ordinal (Nota) sobre un conjunto de predictores que puede ser una variable nominal (Estilos de aprendizaje), las cuales pueden actuar como cofactores o covariables.

Para aplicar el análisis estadístico de regresión ordinal, fue necesario asignar un número a cada estilo de aprendizaje, con el fin de facilitar el cálculo en el programa SPSS (véase tabla 3.33).

Tabla 3.33. *Codificación de los estilos de aprendizaje para el análisis correlacional*

Estilo de aprendizaje	Identificación numérica
Multiestilo	1
Reflexivo	2
Teórico	3
Pragmático	4
Activo	5

Fuente: elaboración propia.

Con la aplicación de la correlación ordinal, es posible identificar el nivel de discrepancia entre las frecuencias observadas y esperadas; de esta manera, mediante el estadístico Chi-cuadrado de Pearson se determinó la existencia o inexistencia de asociación entre variables (Salafranca *et al.*, 2005). En las tablas 3.34 y 3.35 se presentan los resultados estadísticos para los estilos de aprendizaje y la nota obtenida en el mapa conceptual inicial.

Tabla 3.34. *Resumen de los datos analizados*

Variable	Valor	Número de datos (N)	Porcentaje marginal
Nota	0,0	12	11,8 %
	1,0	29	28,4 %
	2,0	57	55,9 %
	3,0	4	3,9 %
Estilo 2	1,0	65	63,7 %
	2,0	10	9,8 %
	3,0	6	5,9 %
	4,0	16	15,7 %
	5,0	5	4,9 %
Válidos		102	100 %
Perdidos		1	
Total		103	

Fuente: elaboración propia, programa estadístico SPSS.

Tabla 3.35. *Ajuste estadístico de los modelos, coeficiente Chi-cuadrado*

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	Grados de libertad (gl)	Significancia
Solo intersección	39,600			
Final	36,565	3,035	4	0,552

Fuente: elaboración propia, programa estadístico SPSS.

Se presume que existe una correlación estadística cuando el valor de Chi-cuadrado se aproxima a cero. Al no presentarse esta condición, se puede afirmar que entre los estilos de aprendizaje y los conceptos iniciales de los estudiantes, valorados a través del mapa conceptual, no existe correlación estadística.

Otro indicador estadístico para determinar correlaciones son los valores de τ -b de Kendall y ρ de Spearman. Los resultados de la aplicación estadística para estos coeficientes se encuentran en la tabla 3.36.

Tabla 3.36. *Correlación no paramétrica estilo de aprendizaje vs. valor evaluativo del mapa conceptual inicial*

Estadístico	Variable	Parámetro	Estilo	Nota
Tau-b de Kendall	Estilo	Coefficiente de correlación	1,000	-0,026
		Significancia (bilateral)		0,768
		Número de datos (N)	102	102
	Nota	Coefficiente de correlación	-0,026	1,000
		Significancia (bilateral)	0,768	
		Número de datos (N)	102	102
Rho de Spearman	Estilo	Coefficiente de correlación	1,000	-0,028
		Significancia (bilateral)		0,778
		Número de datos (N)	102	102
	Nota	Coefficiente de correlación	-0,028	1,000
		Significancia (bilateral)	0,778	
		Número de datos (N)	102	102

Fuente: elaboración propia, programa estadístico SPSS

El estadístico Tau-b de Kendall toma valores entre -1 y 1, los cuales indican concordancia o discordancia perfecta; valores próximos a cero indican ausencia de asociación. En el caso de los datos obtenidos con el mapa conceptual y el valor

numérico asignado, se encuentra como resultado del estadístico Tau-b de Kendall un valor de -0,026 (véase tabla 3.36), lo que indica la ausencia de asociación entre el estilo de aprendizaje y los conceptos iniciales que tienen los estudiantes. Por su parte, el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que indica el nivel de concordancia entre series de datos, muestra un resultado de -0,028 y una significancia de $0,778 > 0,05$, valor muy cercano a cero, lo cual indica que no existe asociación entre las variables estudiadas (Pedroza y Dicovsky, 2007).

Al calcular el coeficiente de correlación de Pearson (véase tabla 3.37), tampoco se observó una correlación fuerte entre las variables analizadas, ya que el valor obtenido es muy cercano a cero (-0,027), cuando lo esperado es que se aproxime a 1 o -1.

Tabla 3.37. *Correlación de Pearson estilo de aprendizaje vs. valor evaluativo del mapa conceptual inicial*

Variable	Estadístico	Estilo	Nota
Estilo	Correlación de Pearson	1,000	-0,027
	Significancia (bilateral)		0,785
	Número de datos (N)	102	102
Nota	Correlación de Pearson	-0,027	1,000
	Significancia (bilateral)	0,785	
	Número de datos (N)	102	102

Fuente: elaboración propia, programa estadístico SPSS.

Los resultados de los coeficientes de correlación de Chi-cuadrado, τ -b de Kendall, ρ de Spearman y Pearson indican que las variables Estilo de aprendizaje y Valoración del mapa conceptual inicial son independientes, lo cual permite suponer que en general todos los estudiantes iniciaron el proceso en las mismas condiciones estructurales cognitivas, es decir, con un bajo nivel de aprendizaje significativo.

Para confirmar los resultados anteriores, se calculó el coeficiente de Wilcoxon a fin de determinar el grado de la asociación entre una variable de escala nominal y una de escala ordinal (Sierra, 1985). En la tabla 3.38 se presentan los resultados obtenidos para el coeficiente.

Tabla 3.38. *Coefficiente de Wilcoxon, grado de asociación entre estilos de aprendizaje y conceptos iniciales, según mapa conceptual inicial*

Comparación	Frecuencia derecha (FD)	Frecuencia izquierda (FI)	Diferencia
Multiestilo / Activo	390	59	331
Multiestilo / Reflexivo	160	101	59
Multiestilo / Teórico	329	311	18
Multiestilo / Pragmático	171	57	114
Multiestilo / Reflexivo-Teórico	18	168	-150
Multiestilo / Reflexivo-Teórico-Pragmático	0	39	-39
Multiestilo / Teórico-Pragmático	18	51	-33
Activo / Reflexivo	13	33	-20
Activo / Teórico	23	104	-81
Activo / Pragmático	20	20	0
Activo / Reflexivo-Teórico	0	47	-47
Activo / Reflexivo-Teórico-Pragmático	0	10	-10
Activo / Teórico-Pragmático	0	17	-17
Reflexivo / Teórico	29	42	-13
Reflexivo / Pragmático	16	8	8
Reflexivo / Reflexivo-Teórico	2	19	-17
Reflexivo / Reflexivo-Teórico-Pragmático	0	4	-4
Reflexivo / Teórico-Pragmático	2	7	-5
Teórico / Pragmático	47	17	30
Teórico / Reflexivo-Teórico	6	45	-39
Teórico / Reflexivo-Teórico-Pragmático	0	10	-10
Teórico / Teórico-Pragmático	6	15	-9
Pragmático / Reflexivo-Teórico	1	19	-18
Pragmático / Reflexivo-Teórico-Pragmático	0	4	-4
Pragmático / Teórico-Pragmático	1	7	-6
Reflexivo-Teórico / Reflexivo-Teórico-Pragmático	0	1	-1
Reflexivo-Teórico / Teórico-Pragmático	4	1	3
Reflexivo-Teórico-Pragmático / Teórico-Pragmático	1	0	1
Suma			41
Total de comparaciones			3351
Coefficiente de Wilcoxon			0,01

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de ser más específicos en la determinación del coeficiente, el grupo de estudiantes que integran la categoría de multiestilo se amplió a las diferentes posibilidades de combinación entre estilos de aprendizaje. El resultado se puede interpretar como un bajo nivel de asociación entre las variables.

Los resultados estadísticos permitieron suponer una baja o ninguna relación entre el estilo de aprendizaje y el valor inicial obtenido en el mapa conceptual planteado como pretest. Esto se debió a que los conceptos utilizados por los estudiantes para organizar los mapas conceptuales asociados a la bioquímica se presentaron muy aislados en la estructura cognitiva, lo cual implica una falta de claridad en la organización de proposiciones y, por tanto, una articulación inadecuada de los conceptos con situaciones de la vida diaria. Por esta razón, es importante la mediación del profesor para realizar una intervención, la cual incluye una regulación mediante el uso de la evaluación continua y una retroalimentación que permita verificar los aspectos no aprendidos (Trujillo y Auduriz, 2002).

ANÁLISIS DEL POSTEST: MAPA CONCEPTUAL FINAL

Primero se presenta una visión cualitativa, en la que predomina el análisis comparativo de los mapas conceptuales finales e iniciales; luego se realiza un análisis cuantitativo, en el que se utilizan herramientas estadísticas a fin de identificar la influencia del modelo de resolución de problemas sobre el aprendizaje significativo en función de los estilos de aprendizaje.

Análisis cualitativo del mapa conceptual final

Para el postest, los estudiantes elaboraron un mapa conceptual final con los mismos 21 conceptos del pretest (véase anexo 1). Estos conceptos integran las temáticas trabajadas en la intervención y pretenden dar respuesta al problema integrador. Se evaluaron con los mismos criterios usados en el mapa conceptual inicial: se identificaron conceptos, palabras conectoras, proposiciones, relaciones cruzadas, errores de comprensión o errores conceptuales (Novak y Gowin, 1984; Rey, 2008).

En general, los mapas conceptuales finales desarrollados por los estudiantes mostraron una mayor complejidad que los iniciales, lo cual se evidenció en el número de relaciones, los conceptos y las proposiciones planteadas. Un ejemplo es el mapa conceptual elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje multiestilo (véase figura 3.57).

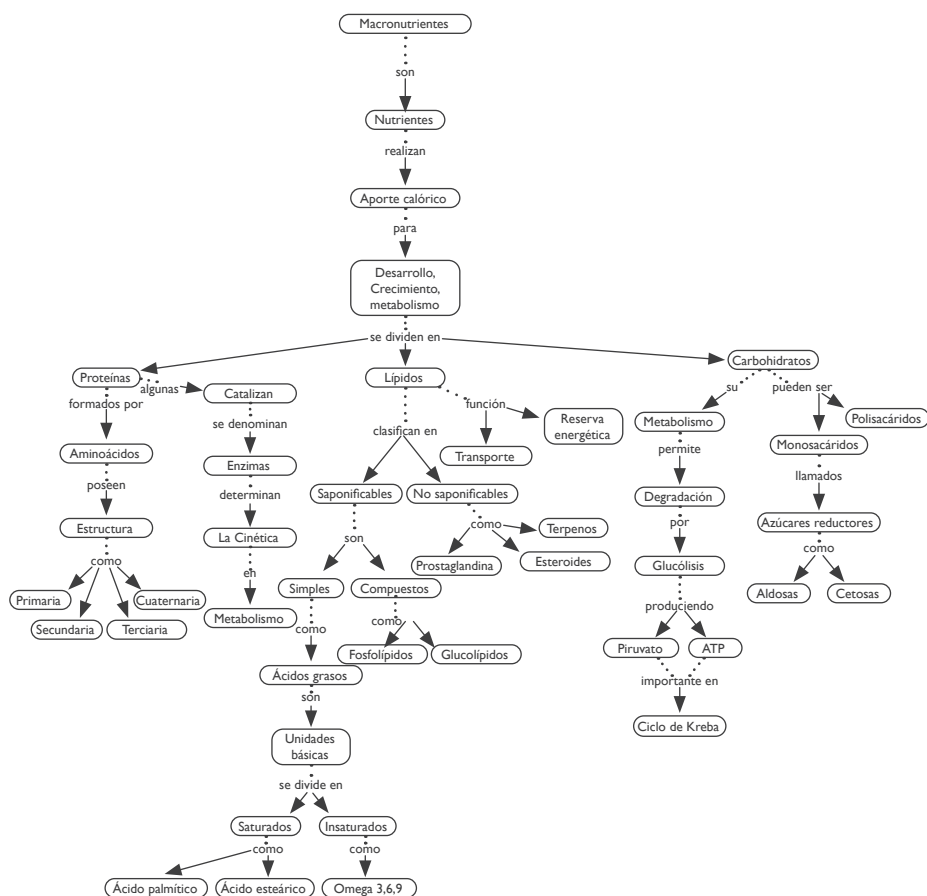


Figura 3.57. Mapa conceptual final del estudiante 100 (estilo de aprendizaje multiestilo)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 100.

Sorprende que este mapa conceptual contiene la mayoría de conceptos propuestos por el profesor, excepto péptidos, respiración celular, colesterol, glúcidos, azúcares reductores y fibra. Se pueden proponer diferentes razones por las cuales el estudiante no incluyó los conceptos antes mencionados; por ejemplo, podría suponerse que aún tiene dificultades para relacionarlos correctamente en su estructura cognitiva, debido a que no se ha entendido claramente; por tanto, se requiere mayor trabajo en la construcción de dichos conceptos para lograr un aprendizaje significativo, y para ello se deben realizar actividades diferentes a las aplicadas en esta investigación, focalizadas en dichos conceptos. También podría

pensarse que es un simple olvido, pero efectivamente el estudiante es capaz de incluir en la estructura cognitiva los conceptos, elaborando proposiciones válidas; por tanto, para descartar una u otra posibilidad es necesario indagar mediante otra actividad diseñada con ese propósito; por ejemplo la elaboración de un nuevo mapa conceptual circunscrito a estos conceptos.

Por otra parte, la estructura cognitiva representada en el mapa conceptual permite presumir una evolución positiva, por tanto, un aprendizaje significativo, gracias a las proposiciones planteadas, los conceptos utilizados y la estructura jerárquica propuesta por el estudiante. Se puede conjeturar que este resultado se logra gracias a las actividades planteadas en la estrategia didáctica, con las cuales se logró una intencionalidad en los estudiantes por relacionar los nuevos conceptos con los ya existentes, efecto que algunos autores asumen como una implicación afectiva al establecer dichas relaciones (Castillo *et al.*, 2013).

Se destaca el uso de una gran cantidad de conceptos no propuestos por el profesor, pero que fueron analizados por los estudiantes a lo largo de las actividades desarrolladas en clase, como: macronutrientes, estructura primaria, secundaria, terciaria, cuaternaria, enzimas, piruvato, ATP, vinculándolos con palabras o frases conectoras bien estructuradas, lo que genera proposiciones válidas. Lo anterior evidencia el efecto de la estrategia didáctica. Según algunos autores, esta debe motivar a los estudiantes para lograr su aprendizaje, estimular a la consulta y análisis de textos y favorecer la aplicación de los conceptos a las situaciones problema (Blanco *et al.*, 2008).

Al comparar con la prueba pretest presentada por el mismo estudiante (véase figura 3.58), en el mapa conceptual final se observa claramente una notable evolución en su estructura cognitiva, en la cual incluye conceptos subordinados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos, el concepto enzimas pasó de ser supraordenado y desvinculado de las proteínas a un concepto subordinado a las proteínas formando una proposición válida. En el mapa posttest incluye diversos conceptos subordinados a los lípidos formando proposiciones válidas, las cuales no existían en la propuesta inicial; se reorganizó la proposición que estaba errada, en la que ubicaba el concepto glúcidos como subordinado de los azúcares, cuando son los azúcares subordinados a los glúcidos.

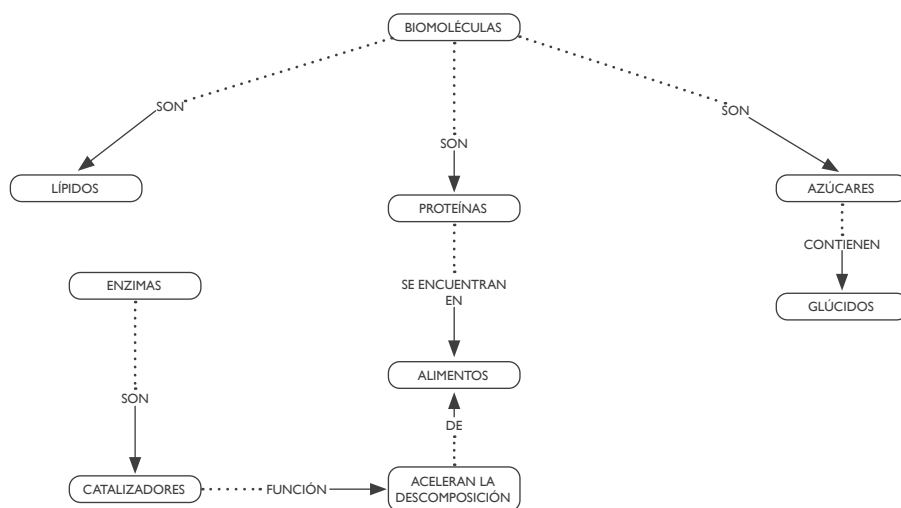


Figura 3.58. Mapa conceptual inicial del estudiante 100
(estilo de aprendizaje multiestilo)

Fuente versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 100.

A pesar de la evolución cognitiva que supone un aprendizaje significativo, se perciben algunos errores conceptuales, como es el caso de la proposición “carbohidratos pueden ser monosacáridos, llamados azúcares reductores”, según la cual solo los monosacáridos son azúcares reductores. Lo realmente válido es que todos los monosacáridos son reductores, pero algunos disacáridos y polisacáridos pueden ser reductores, siempre que el grupo $-OH$ en posición α esté libre.

Otro aspecto por resaltar es el bajo número de relaciones cruzadas entre proposiciones, teniendo en cuenta que las proteínas, los lípidos y los glúcidos cuentan con puntos comunes en la ruta metabólica, especialmente en el ciclo de Krebs donde llegan transformados para producir energía; sin embargo, parece que el estudiante adjudica este ciclo únicamente a los carbohidratos. Otro punto de encuentro podría ser en el concepto enzimas, moléculas que controlan las reacciones bioquímicas, pero que el estudiante solamente menciona como un tipo de proteína que cataliza reacciones: proposición válida, pero aislada.

El mapa conceptual de un estudiante con estilo de aprendizaje activo puede apreciarse en la figura 3.59.

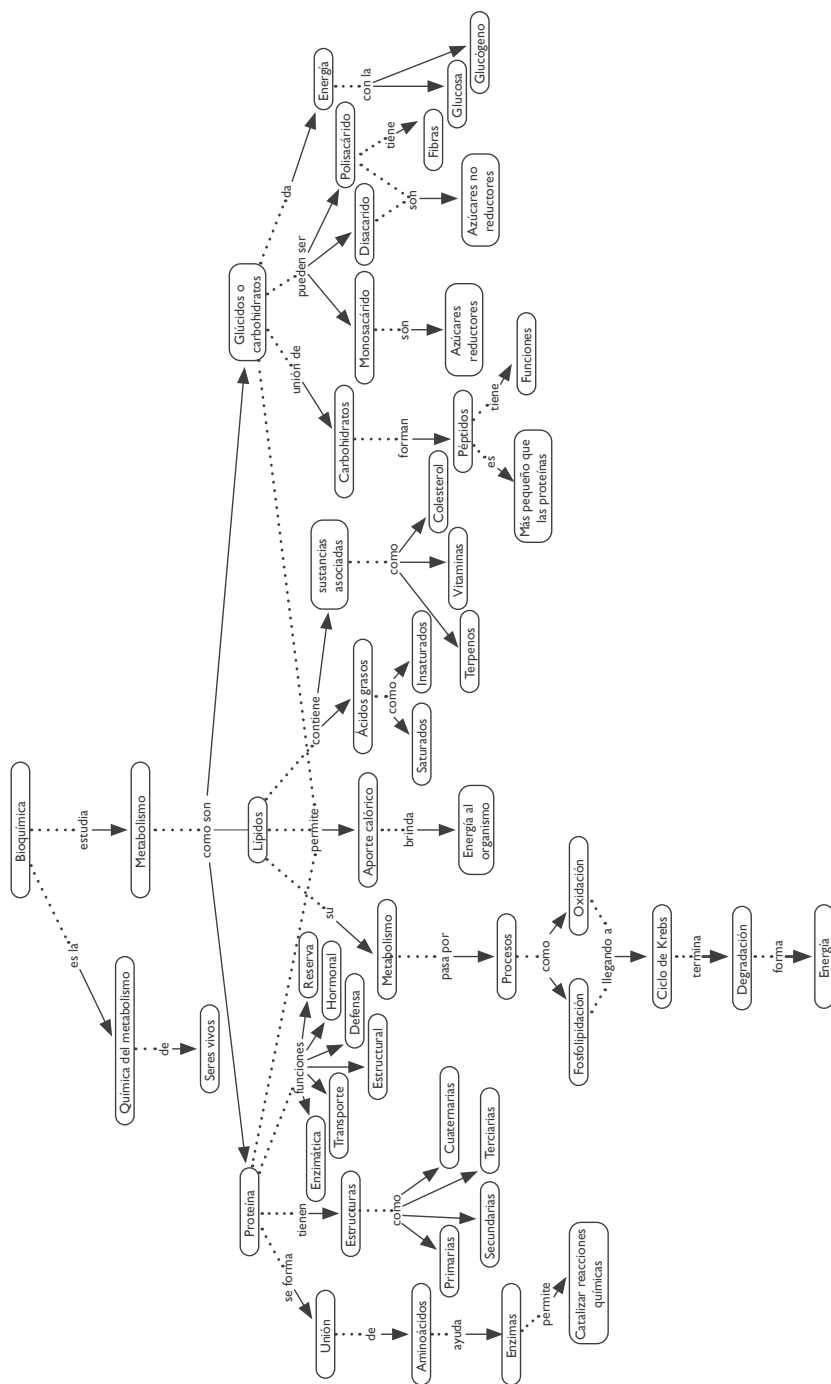


Figura 3-59. Mapa conceptual final del estudiante 96 (estilo de aprendizaje activo)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 96.

En el mapa anterior se observa que el estudiante utiliza la mayoría de conceptos propuestos, excepto cinética y fosfolípidos, e incluye otros nuevos, lo cual supone una evolución positiva de su estructura cognitiva; sin embargo, probablemente falta realizar algunas actividades complementarias que le permita incorporar los conceptos faltantes en su estructura cognitiva. Se resalta la presencia de relaciones cruzadas entre los conceptos proteínas, lípidos y carbohidratos, al vincularlos en el proceso de aporte calórico como moléculas que brindan energía. Esta relación cruzada genera una proposición válida que indica una evolución en el aprendizaje de dichos conceptos.

Comparando con el mapa conceptual inicial elaborado por el estudiante (véase figura 3.60), se observa claramente que las actividades realizadas le permitieron evolucionar en el aprendizaje, lo cual se evidencia en la inclusión de conceptos en la estructura cognitiva y la elaboración de proposiciones válidas.

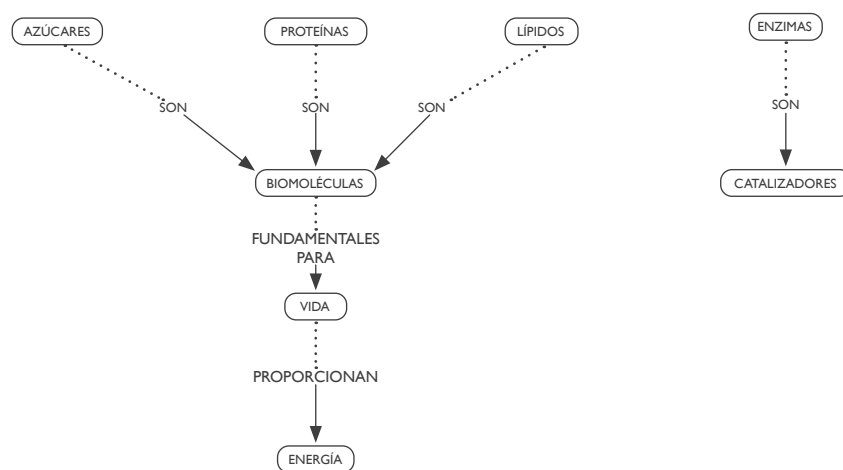


Figura 3.60. *Mapa conceptual inicial del estudiante 96 (estilo de aprendizaje activo)*

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 96.

El mapa conceptual inicial muestra una estructura cognitiva muy simple, con conceptos separados como es el caso de las enzimas. Después de la intervención, se observa una reconciliación integradora, en la que el concepto enzimas es

incluido en el mapa conceptual como parte de las funciones de las proteínas, o como moléculas que ayudan a sintetizar las proteínas a partir de los aminoácidos. La mayor complejidad del mapa conceptual final permite suponer que el estudiante ha evolucionado en su proceso de aprendizaje, incorpora conceptos nuevos, genera un mapa conceptual de mayor dimensión, más refinado, con un mayor número de proposiciones y con una mayor claridad conceptual.

Sin embargo, a pesar de la evidente evolución, se observan algunos errores conceptuales, que emergen como punto de partida para el diseño de nuevas actividades. Un ejemplo se observa en la proposición: “glúcidos son la unión de carbohidratos, los cuales forman péptidos”, cuando los péptidos están referidos a la unión de aminoácidos mediante el enlace peptídico entre el grupo amino y el grupo α ácido. Otro error conceptual está presente en la mención a que los disacáridos y polisacáridos son azúcares no reductores, a pesar de que la característica reductora se debe al grupo $-\text{OH}$ en la posición α del carbohidrato, el cual al formar un enlace, evita que se produzcan las reacciones típicas de oxidación-reducción propias de los carbohidratos reductores.

Otro ejemplo de mapa conceptual es el elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje teórico (véase figura 3.61), para quien el concepto principal supraordenado, del cual se desprenden todos los conceptos, es la bioquímica, enmarcada en el estudio de la composición química y biológica de los seres vivos partiendo de la célula. Esta proposición inicial muestra la intención de integrar dos ciencias, muchas veces separadas pero que realmente son complementarias. Por esta razón, se resalta este intento por rescatar dicha sinergia. También puede suponerse que el ejercicio realizado en el aula pareciera haber despertado la inquietud de interrelacionar conceptos químicos con otras áreas del conocimiento, resultado similar al obtenido por Aguilar *et al.* (2013), quienes diseñaron diferentes actividades para la enseñanza de la bioquímica y encontraron que los estudiantes al enfrentarse a problemas reales, cuestionan, debaten y buscan asesoría, aún por fuera de las horas de clase, lo que contribuye a la construcción de su conocimiento.

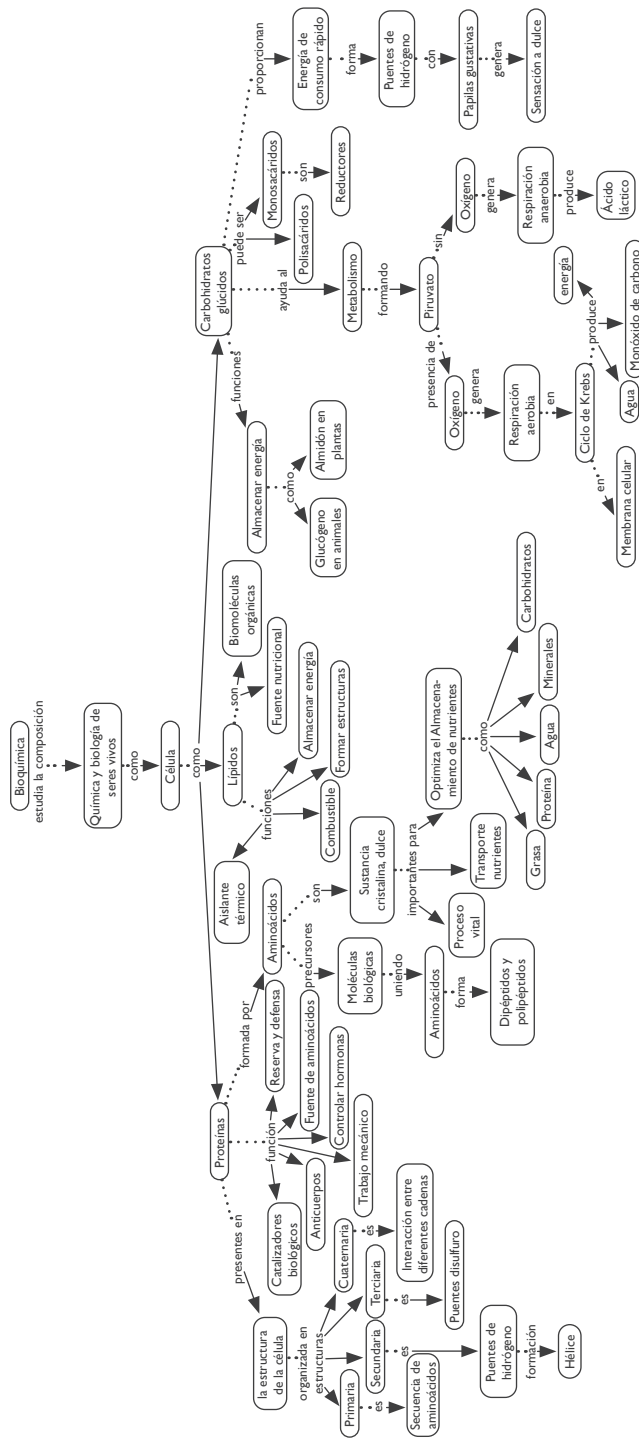


Figura 3.61. Mapa conceptual final del estudiante 27 (estilo de aprendizaje teórico)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 27.

En el mapa conceptual se observa el uso de los conceptos propuestos por el profesor; sin embargo, no emplea varios de ellos, como es el caso de cinética, respiración celular, ácidos grasos saturados, ácidos grasos insaturados, fosfolípidos, colesterol, aporte calórico, azúcares no reductores y fibra.

Las razones por las cuales el estudiante no incluyó casi la mitad de los conceptos propuestos por el profesor son difíciles de conocer a menos que se realice una indagación particular y directa con él, para verificar la eficacia de las actividades realizadas en el aula, así como las actitudes y fenómenos que rodearon su proceso, como factores sociales y familiares. Otra razón para no incluir los conceptos en el mapa conceptual puede ser netamente cognitiva. Se supone entonces que aún persisten las dificultades en el proceso de construcción de dichos conceptos. En consecuencia, se deben planear nuevas actividades enfocadas en lograr el aprendizaje significativo de dichos conceptos.

A pesar de estas observaciones, al comparar con el mapa conceptual inicial (véase figura 3.62), se observa claramente una gran evolución de la estructura cognitiva. Por ejemplo, los conceptos aislados, sin relación y las proposiciones no válidas presentadas antes de las actividades en clase se integraron a la nueva estructura cognitiva en proposiciones válidas.

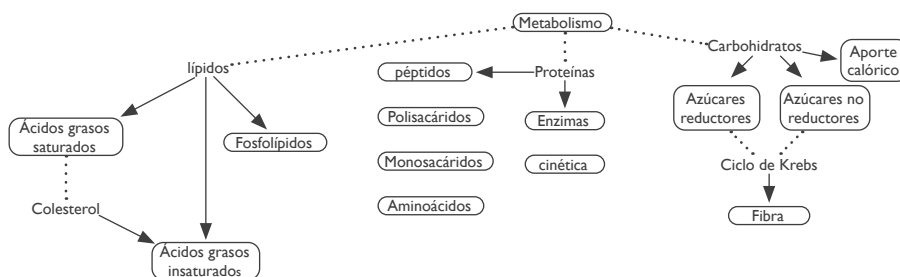


Figura 3.62. Mapa conceptual inicial del estudiante 27 (estilo de aprendizaje teórico)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 27.

En el mapa conceptual inicial existen conceptos, pero sin una estructura jerárquica coherente, a tal punto que aminoácidos, monosacáridos y polisacáridos no están relacionados entre sí y con otros conceptos. Se resalta el avance en el proceso de aprendizaje logrado con las actividades, ya que en el mapa conceptual final (postest) se vinculan los conceptos antes mencionados de forma coherente y se incluyen otras temáticas asociadas, como la clasificación de los carbohidratos o los aminoácidos como moléculas precursoras de las proteínas.

Se destaca la claridad conceptual lograda en algunos aspectos como es el caso del concepto proteínas, ubicado como supraordenado, del cual se elaboran unas proposiciones válidas, organizadas y jerarquizadas, como sucede con la proposición en la que referencia su presencia en la célula y que está organizada en cuatro estructuras.

En cuanto al tema de producción de energía, el estudiante lo atribuye a los lípidos y carbohidratos, excluyendo las proteínas; sin embargo, no propone una relación cruzada entre los lípidos y los carbohidratos a través del ciclo de Krebs, lo cual refuerza la necesidad de desarrollar otras actividades complementarias para profundizar aún más en los conceptos y mejorar el aprendizaje. Esto podría generar una mayor complejidad del mapa conceptual, que es indicador de un aprendizaje significativo, donde la articulación de conceptos sea claramente visible.

El mapa conceptual final elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo (*véase* figura 3.63) presenta aspectos similares a los anteriores: no utiliza algunos de los conceptos propuestos por el profesor, pero incorpora nuevos; en este caso, no incluye los conceptos cinética, fosfolípidos, colesterol, aporte calórico, azúcares reductores y no reductores, monosacáridos, polisacáridos y fibra.

Al respecto, es importante aclarar que si bien no se mencionan, parecen estar tácitos en algunos de los nuevos conceptos que se incorporan. Por ejemplo, no se incluye aporte calórico pero parece estar implícito en la proposición “Acetil CoA entra al ciclo de Krebs, produce por coenzimas 36 a 38 ATP para producir energía”, proposición vinculada jerárquicamente a los glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Sin embargo, se requiere indagar más en la estructura cognitiva del estudiante para tener la certeza de ello.

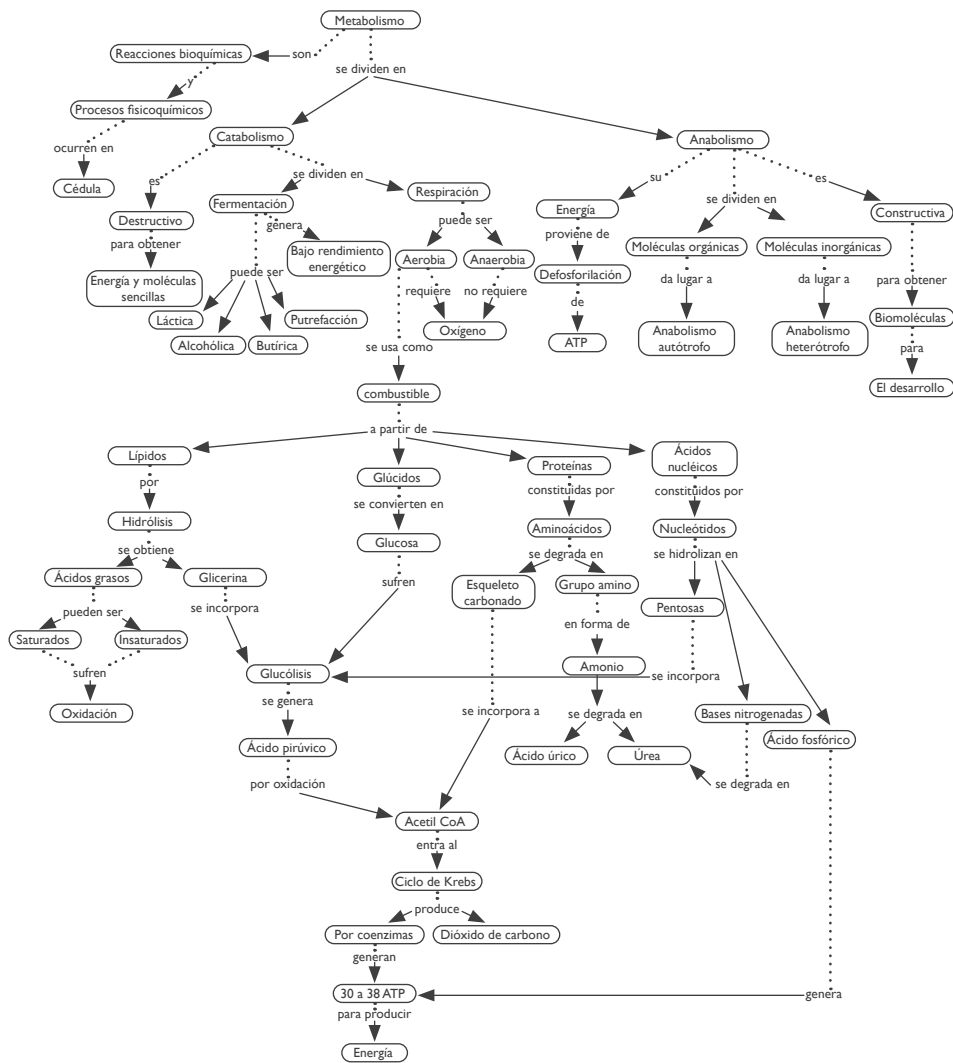


Figura 3.63. Mapa conceptual final del estudiante 98 (estilo de aprendizaje reflexivo)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 98.

En este ejemplo se destaca el uso de conceptos nuevos como catabolismo, anabolismo, fermentación, ATP y ácidos nucleicos, entre muchos otros, que están estructurados jerárquicamente y forman proposiciones válidas.

Un aspecto importante de este mapa conceptual es que el estudiante logra elaborar relaciones cruzadas válidas entre conceptos y proposiciones, como sucede en la relación cruzada entre “ácidos nucleicos y glucólisis luego de la formación de pentosas en una hidrólisis de los ácidos” o la incorporación del “esqueleto carbonado de las proteínas en acetil coenzima A, como un proceso previo al ingreso del piruvato al ciclo de Krebs, para llevar estas reacciones a la producción de energía, agua y CO_2 ”. Lo anterior muestra un aprendizaje significativo de los conceptos tratados en las actividades de clase.

La evolución cognitiva es clara al comparar con el mapa conceptual inicial (véase figura 3.64).

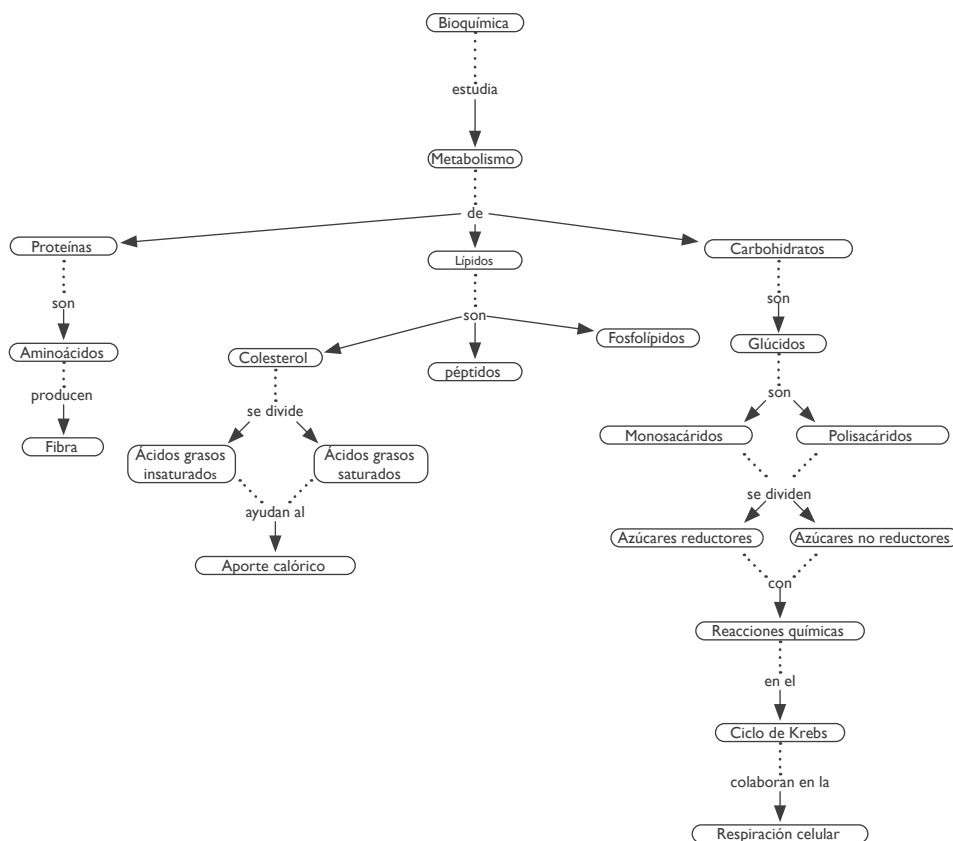


Figura 3.64. Mapa conceptual inicial del estudiante 98 (estilo de aprendizaje reflexivo)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 98.

En este mapa conceptual inicial se observan muchos errores conceptuales. Es un mapa con una estructura poco compleja, no presenta relaciones cruzadas y conforma algunas proposiciones no válidas. Entre los errores conceptuales más importantes está la idea de que la fibra se produce gracias a los aminoácidos, cuando la fibra, en general, son polisacáridos de gran tamaño, no digeridos por el organismo. Otro error conceptual consiste en mencionar que los monosacáridos se dividen en azúcares reductores y no reductores, cuando lo real es que todos los monosacáridos son reductores.

El mapa conceptual final muestra avances significativos en el aprendizaje, por lo que al continuar desarrollando actividades acordes a sus expectativas, el estudiante seguramente logrará profundizar aún más en el proceso. En lo posible las actividades deben diseñarse en función del siguiente paso en el proceso de aprendizaje. Si, por ejemplo, se mantiene un curso escolarizado con la orientación de un profesor, este debe conocer estos resultados para actuar en consecuencia, pero debe ser el alumno quien reconozca sus fortalezas y debilidades para planear su aprendizaje.

Por otra parte, el mapa conceptual final elaborado por un estudiante con estilo de aprendizaje pragmático (véase figura 3.65) incluye todos los conceptos propuestos por el profesor; sin embargo, no cuenta con una organización jerárquica que permita identificar relaciones entre conceptos de forma clara. Esto lleva inclusive a confusiones por la falta de conectores entre conceptos, razón por la cual no se puede considerar como mapa conceptual válido.

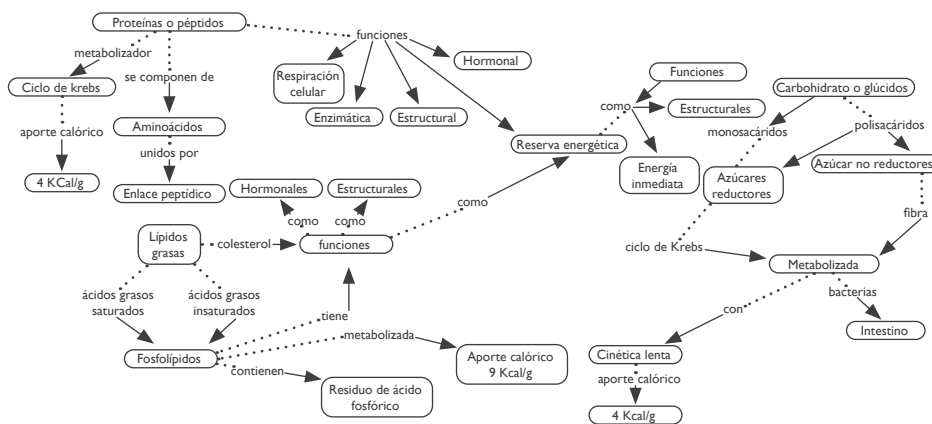


Figura 3.65. Mapa conceptual final del estudiante 90 (estilo de aprendizaje pragmático)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 90.

En este caso, existen proposiciones que revelan errores conceptuales. Esto sucede en la proposición según la cual “las proteínas tienen como función la reserva energética representada como estructural” o proposiciones confusas como que “las proteínas tienen la función de la respiración celular” o en la que se afirma que “los ácidos grasos saturados e insaturados son fosfolípidos”.

Los intentos por plantear relaciones cruzadas hacen que se genere mayor confusión en la verbalización del conocimiento del estudiante. Un ejemplo claro es el concepto de reserva energética, incluido en la proposición “función de las proteínas o péptidos con la función de los lípidos, grasas o colesterol en forma de estructura o energía inmediata”. En esta proposición, no es claro si el estudiante asume que las proteínas y los lípidos generan energía cuando hacen parte de una estructura o al formarla, ni cómo está entendiendo el término “energía inmediata”.

Los aspectos antes mencionados hacen suponer que para este estudiante es baja la eficacia de las actividades realizadas en el aula, siendo un indicativo parcial de un bajo logro en el aprendizaje significativo de conceptos. En este caso particular, es necesario replantear las actividades en clase y diseñar unas nuevas para favorecer el aprendizaje. Se recomienda indagar con mayor profundidad los aspectos que afectaron el proceso del estudiante y proponer soluciones al respecto. Este trabajo se debe realizar conjuntamente con el alumno, ya que pueden ser variables no controladas en este estudio que afectaron el proceso.

Para observar con mayor claridad los efectos de las actividades realizadas en la clase en su estructura cognitiva, se compara con el mapa conceptual inicial presentado en la figura 3.66.

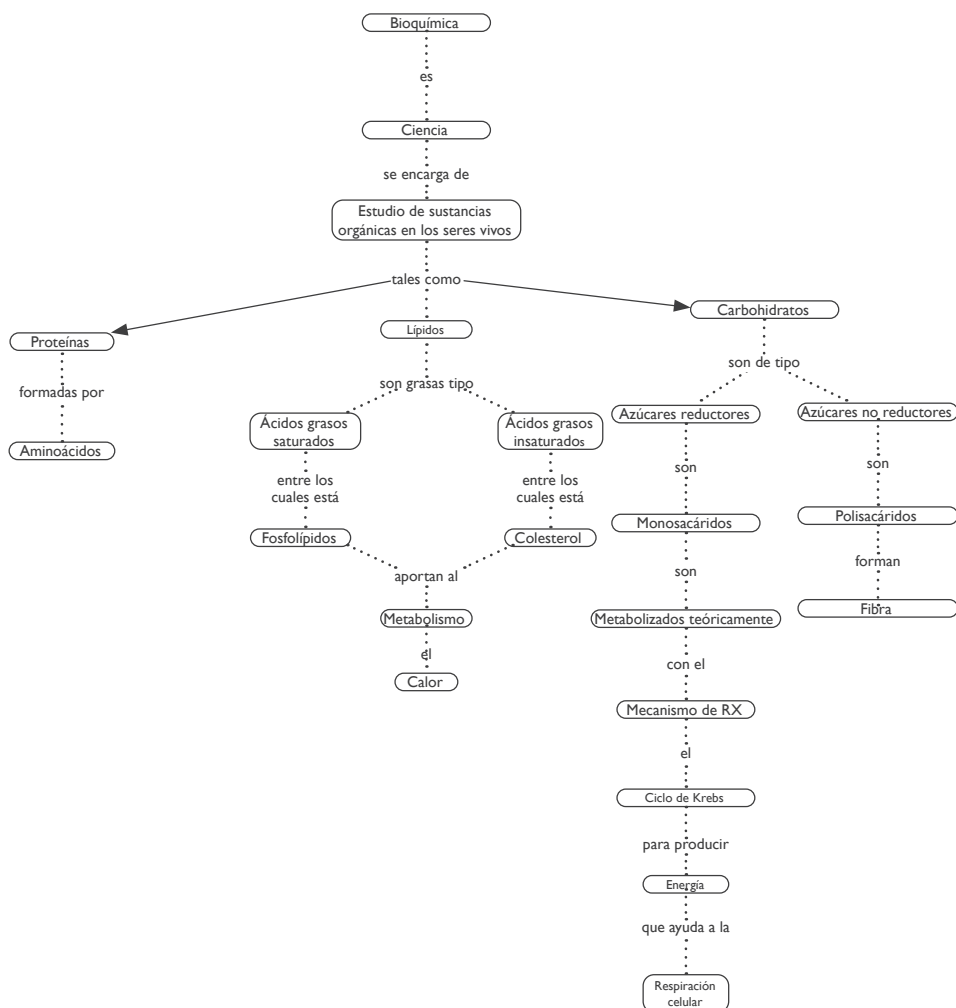


Figura 3.66. Mapa conceptual inicial del estudiante 90 (estilo de aprendizaje pragmático)

Fuente: versión ajustada con CmapTools del mapa conceptual elaborado por el estudiante 90.

Si bien la propuesta de mapa conceptual final parece ser más compleja que la inicial, la estructura de la prueba pretest se aproxima a las características de un mapa conceptual con una organización jerárquica, con conceptos que se relacionan con palabras conectoras y forman proposiciones, aunque no todas válidas.

Desde el punto de vista conceptual no se observa una gran evolución cognitiva, pues algunos errores permanecen como el hecho de proponer que los ácidos grasos saturados son fosfolípidos o que las proteínas tienen la función de reserva energética gracias a su estructura, sin definir claramente a qué se refiere con estructura. Al parecer las actividades realizadas generaron mayor confusión en este estudiante.

Consideraciones generales

La observación preliminar de los mapas conceptuales finales utilizados como posttest indica una evolución de la estructura cognitiva en la mayoría de los estudiantes, con diferentes niveles de desarrollo identificados según la complejidad de los mapas. Por lo que se esperan diferentes niveles de aprendizaje significativo.

El uso de la mayoría de los conceptos propuestos por el profesor permite suponer que los estudiantes evolucionaron en su estructura cognitiva, lo cual se evidencia en las diferencias con los mapas conceptuales iniciales, caracterizados por su simplicidad. La mayoría de los estudiantes incluyeron conceptos nuevos en su estructura cognitiva, elaborando proposiciones válidas y coherentes, gracias a que lograron relacionar diversos conceptos y en algunos casos elaboraron relaciones cruzadas entre proposiciones.

A pesar de los avances observados, se identificaron algunas dificultades para vincular conceptos y elaborar algunas proposiciones válidas, se detectaron errores conceptuales que permanecían y sobre los cuales se debe trabajar con otras actividades diseñadas, en lo posible mediante acuerdos con los estudiantes.

Un error persistente es asumir que la característica reductora de los azúcares es propia y exclusiva de los monosacáridos, o considerar que las proteínas forman la fibra. Probablemente, los estudiantes confundían el concepto nutricional de fibra con el concepto de fibra muscular, pero es aquí donde la intervención del profesor toma importancia para identificar estos errores y dar solución a los mismos mediante estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje significativo (Bruna *et al.*, 2014).

Por otra parte, el ejercicio de elaboración de mapas conceptuales indica que los estudiantes tenían dificultades en incluir todos los conceptos propuestos, jerarquizarlos, crear relaciones cruzadas y por tanto persisten algunos errores conceptuales. Este resultado es similar a lo reportado en otras investigaciones, en las cuales los mapas conceptuales son aplicados durante procesos de enseñanza-aprendizaje como es el caso de A. Hernández *et al.* (2016) y Dönmez y Ültay (2016).

Análisis cuantitativo del postest

Teniendo en cuenta que se pretende medir el nivel de aprendizaje significativo mediante el uso de los mapas conceptuales, se determinó una valoración holística, combinada con una valoración paramétrica empleando la matriz evaluativa (véase tabla 3.27), y como referencia se utilizó un mapa conceptual de elaborado por el profesor (véase anexo 1). En la tabla 3.39 se muestran algunos de los resultados obtenidos; en el anexo 3 se presentan en su totalidad.

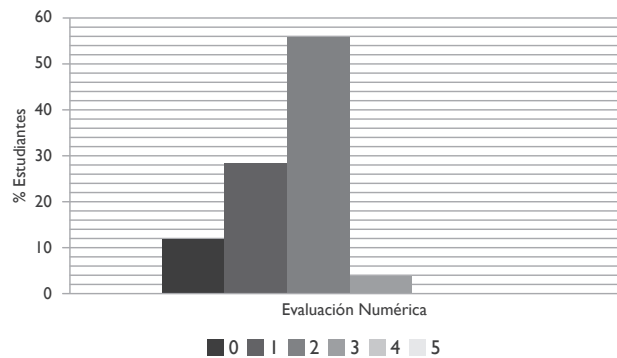
Tabla 3.39. *Ejemplos de valoración del mapa conceptual final (postest)*

Identificación estudiante	Estilo de aprendizaje	Puntuación total (PT)	Valoración (V)	Valor asignado según rango (VA)	Etiqueta
01	Multiestilo	160	8,4	4	N
02	Multiestilo	159	8,4	4	N
03	Multiestilo	174	9,2	5	E
04	Multiestilo	105	5,5	2	S
05	Multiestilo	145	7,6	4	N
06	Multiestilo	187	9,8	5	E
07	Multiestilo	168	8,8	5	E
08	Multiestilo	124	6,5	3	B
09	Multiestilo	161	8,5	5	E
10	Activo	127	6,7	3	B
11	Activo	116	6,1	3	B
14	Reflexivo	160	8,4	4	N
38	Reflexivo	126	6,6	3	B
53	Teórico	125	6,6	3	B
54	Teórico	189	9,9	5	E
65	Pragmático	105	5,5	2	S
81	Pragmático	146	7,7	4	N
90	Pragmático	78	4,1	1	I

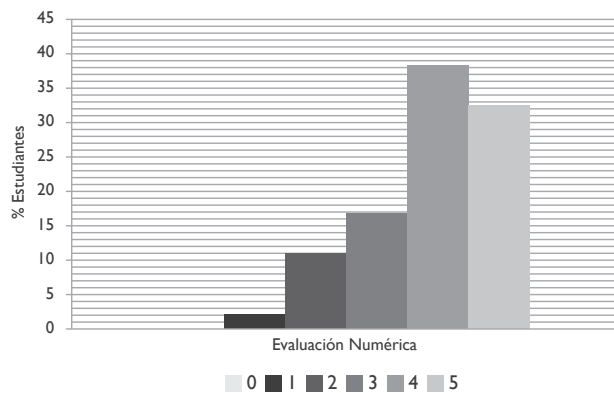
Notas: MD: Muy deficiente, I: Insuficiente, S: Suficiente, B: Bueno, N: Notable, E: Excelente

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la evaluación del mapa conceptual final muestran buenos resultados, lo cual supone una evolución cognitiva de los estudiantes, después de realizadas las actividades planteadas en el marco de la resolución de problemas. Esta tendencia se puede observar en la figura 3.67.



a. Evaluación mapa conceptual, pretest



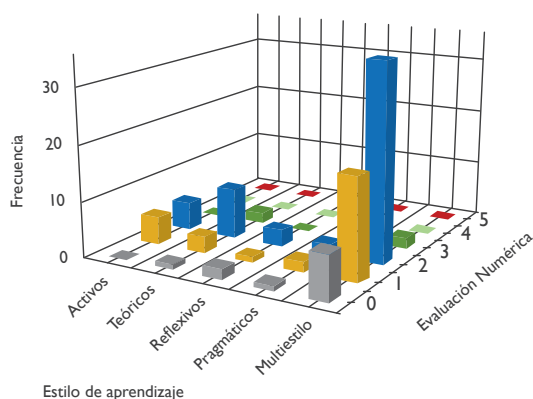
b. Evaluación mapa conceptual, posttest

Figura 3.67. *Distribución de la evaluación del mapa conceptual, comparación pretest y posttest*

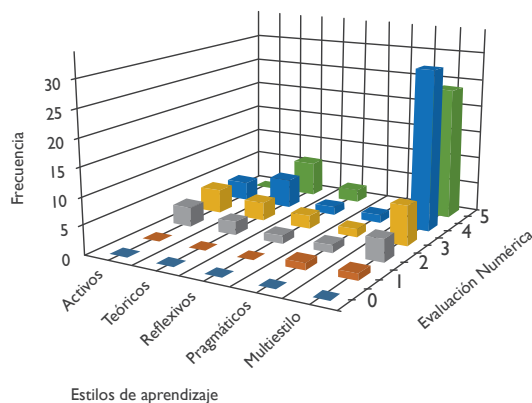
Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican un desplazamiento en la tendencia evaluativa al finalizar la intervención. Es claro que el resultado tiende a aumentar a niveles entre 4 y 5, es decir pasa de Suficiente a Notable o Excelente después de aplicar el modelo de resolución de problemas.

En la figura 3.68 se comparan la evaluación del mapa conceptual pretest y del postest frente a los estilos de aprendizaje.



a. Distribución valoración pretest



b. Distribución valoración posttest

Figura 3.68. *Evaluación general del mapa conceptual pretest-postest, frecuencia, estilo de aprendizaje, valoración*

Fuente: elaboración propia.

Según los resultados, los estudiantes con estilo de aprendizaje activo lograron una distribución un poco más balanceada después de las actividades, ya que se ubicaron entre de 2 y 4, en tanto que en el pretest se concentraron entre 2 y 3. Si bien la evolución cognitiva es aceptable, no parece ser suficiente. Lo esperado era obtener resultados clasificados entre 3 (Bien) y 5 (Excelente).

Por su parte, los estudiantes con estilo de aprendizaje teórico presentaron una evolución cognitiva un poco mejor que los activos, pues la distribución de resultados pasó de 0 (Muy deficiente) y 3 (Bien), con una mayor concentración en 2 (Suficiente), a una distribución entre 2 (Suficiente) y 5 (Excelente), con una mayor concentración en 5.

Los estudiantes con estilo de aprendizaje pragmático tuvieron un cambio cognitivo poco notable distribuyéndose en una proporción similar entre 1 (Insuficiente) a 4 (Notable), lo cual indica que las actividades planteadas y encaminadas a lograr un aprendizaje significativo no fueron suficientemente eficaces; por tanto, es necesario plantear otras estrategias de enseñanza para este grupo de estudiantes.

Es evidente la evolución cognitiva de los estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo, especialmente por la proporción de estudiantes que en la prueba inicial obtuvieron un nivel Muy Deficiente (0) y al finalizar la intervención llegaron a Excelente (5), lo que indica una buena eficacia de las actividades propuestas.

El mayor impacto logrado mediante las actividades realizadas en el aula fue en los estudiantes con estilo de aprendizaje multiestilo, teniendo en cuenta que las evaluaciones se concentraron en los niveles 4 (Notable) y 5 (Excelente) al finalizar la intervención en el aula. Este resultado se puede explicar desde el modelo de aprendizaje propuesto por Honey y Mumford (1986), quienes aseguran que el aprendizaje se logra al combinar cuatro etapas: experiencial, cuando el individuo tiene una experiencia acerca del objeto de aprendizaje; realiza una revisión de la experiencia; propone unas conclusiones, y planea el siguiente paso para cerrar así el ciclo, reiniciarlo y construir conocimiento de una forma continua. En este sentido, es claro que las características multiestilo de estos estudiantes les permiten contar con las condiciones necesarias para seguir dicho ciclo del aprendizaje.

Análisis correlacional

Retomando el objetivo de la investigación, el cual pretende identificar la relación entre la resolución de problemas, el aprendizaje de conceptos químicos y la posible influencia de los estilos de aprendizaje, se realizó un análisis estadístico de contingencias o relaciones, el cual aporta información importante para lograr un estudio más profundo del objetivo de investigación. Para tal fin se utilizaron herramientas de la estadística descriptiva para obtener indicadores estadísticos de tendencias como promedios y medianas o medidas de dispersión, las cuales

permiten organizar los resultados del pretest y postest para identificar estadísticamente diferencias o semejanzas entre ellos.

Posteriormente se realizaron medidas de correlación que involucran los estilos de aprendizaje, a fin de identificar su influencia sobre las otras variables. Para ello, se determinaron los coeficientes de Spearman y Kendall, los cuales son indicadores de correlación entre variables, así como la posible existencia de una correlación curvilínea entre los estilos de aprendizaje y el nivel de evolución cognitiva después de la intervención en el aula.

Estimación del aprendizaje significativo

Con el fin de calcular una estimación numérica del aprendizaje significativo, los resultados obtenidos en la evaluación holística del mapa conceptual inicial y final se organizaron por estilos de aprendizaje, como se presenta en las tablas 3.40, 3.41, 3.42, 3.43 y 3.44.

Tabla 3.40. *Comparación de la valoración numérica pretest vs. postest de los estudiantes multiestilo*

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (CE)
01	2,0	4,0	2,0
02	2,0	4,0	2,0
03	1,0	4,0	3,0
04	2,0	2,0	0,0
05	0,0	4,0	4,0
06	1,0	5,0	4,0
07	1,0	4,0	3,0
08	1,0	3,0	2,0
09	1,0	4,0	3,0
12	2,0	2,0	0,0
13	2,0	5,0	3,0
15	2,0	4,0	2,0
16	2,0	4,0	2,0
17	2,0	4,0	2,0
18	0,0	3,0	3,0
19	2,0	3,0	1,0
20	1,0	4,0	3,0

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (CE)
21	3,0	5,0	2,0
22	2,0	4,0	2,0
23	2,0	5,0	3,0
24	2,0	4,0	2,0
25	2,0	5,0	3,0
40	0,0	4,0	4,0
42	2,0	5,0	3,0
44	1,0	5,0	4,0
47	2,0	2,0	0,0
48	2,0	4,0	2,0
49	2,0	4,0	2,0
50	2,0	4,0	2,0
51	2,0	5,0	3,0
52	2,0	3,0	1,0
56	2,0	4,0	2,0
57	1,0	4,0	3,0
58	1,0	5,0	4,0
59	2,0	4,0	2,0
60	2,0	5,0	3,0
61	1,0	4,0	3,0
62	1,0	5,0	4,0
63	2,0	4,0	2,0
64	2,0	5,0	3,0
66	2,0	1,0	-1,0
67	2,0	5,0	3,0
69	2,0	5,0	3,0
70	2,0	3,0	1,0
71	2,0	4,0	2,0
72	2,0	5,0	3,0
73	2,0	5,0	3,0
74	2,0	5,0	3,0
75	1,0	5,0	4,0
76	1,0	4,0	3,0
77	1,0	5,0	4,0
78	1,0	4,0	3,0

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (cE)
79	0,0	4,0	4,0
82	2,0	5,0	3,0
83	2,0	3,0	1,0
84	1,0	4,0	3,0
85	1,0	5,0	4,0
88	0,0	2,0	2,0
89	0,0	3,0	3,0
91	2,0	4,0	2,0
92	1,0	5,0	4,0
93	2,0	4,0	2,0
95	0,0	4,0	4,0
100	0,0	5,0	5,0
101	2,0	5,0	3,0
Promedio			2,6
Mediana			3,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.41. Comparación de la valoración numérica pretest vs. posttest de los estudiantes reflexivos

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (cE)
14	1,0	4,0	3,0
38	2,0	3,0	1,0
39	0,0	5,0	5,0
43	2,0	3,0	1,0
68	0,0	2,0	2,0
98	2,0	5,0	3,0
Promedio			2,5
Mediana			2,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.42. *Comparación de la valoración numérica pretest vs. posttest de los estudiantes teóricos*

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (CE)
26	0,0	2,0	2,0
27	1,0	4,0	3,0
28	1,0	4,0	3,0
29	2,0	3,0	1,0
30	2,0	5,0	3,0
31	2,0	2,0	0,0
32	2,0	4,0	2,0
33	2,0	4,0	2,0
53	2,0	3,0	1,0
54	2,0	5,0	3,0
55	3,0	5,0	2,0
80	3,0	5,0	2,0
86	1,0	3,0	2,0
94	2,0	4,0	2,0
99	3,0	5,0	2,0
102	2,0	5,0	3,0
Promedio			2,1
Mediana			2,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.43. *Comparación de la valoración numérica pretest vs. posttest de los estudiantes pragmáticos*

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (cE)
36	1,0	5,0	4,0
37	0,0	3,0	3,0
65	2,0	2,0	0,0
81	2,0	4,0	2,0
90	1,0	1,0	0,0
Promedio			1,8
Mediana			2,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.44. *Comparación de la valoración numérica pretest vs. posttest de los estudiantes activos*

Identificación estudiante	Valoración mapa conceptual inicial (PrT)	Valoración mapa conceptual final (PsT)	Nivel de aprendizaje significativo (cE)
10	2,0	3,0	1,0
11	2,0	2,0	0,0
34	1,0	3,0	2,0
35	1,0	4,0	3,0
41	2,0	2,0	0,0
45	1,0	3,0	2,0
46	2,0	3,0	1,0
87	1,0	2,0	1,0
96	1,0	4,0	3,0
97	2,0	4,0	2,0
Promedio			1,5
Mediana			1,5

Fuente: elaboración propia.

Mediante el uso de la estadística descriptiva, se determinó el nivel de aprendizaje significativo (CE) por individuo, el cual resulta de la diferencia entre el valor numérico del mapa conceptual posttest y el asignado al pretest. Este valor puede utilizarse como indicador del aprendizaje significativo logrado por cada estudiante gracias a las actividades desarrolladas en el aula, enmarcadas en el modelo de resolución de problemas.

$$CE = PsT - PrT$$

Donde:

CE = Nivel de aprendizaje significativo

PsT = Valor numérico mapa conceptual posttest

PrT = Valor numérico mapa conceptual pretest

Con los datos obtenidos se trató de establecer una correlación bivariada, empleando los coeficientes de τ -b de Kendall y ρ de Spearman. El coeficiente de τ -b de Kendall relaciona dos variables con tres o más niveles con un orden natural y mide el grado de asociación; el valor del coeficiente toma valores entre -1 y 1, donde 0 indica que las variables no se pueden asociar. Un valor negativo indica que el incremento de una variable implica decrecimiento de la otra; un valor positivo que el aumento de una variable está asociada al crecimiento de la otra; un valor de τ -b de Kendall cercano a 1 muestra una fuerte asociación (Cope, 2006).

Para el análisis de los datos por estilo de aprendizaje, se tuvo en cuenta que la valoración numérica asignada al mapa conceptual, después de analizar todas las características que le asignan o restan valor, tenía seis niveles representados por números enteros que van de 0 a 5. Estos niveles son los valores asignados (V_A) a los mapas conceptuales. Por tanto, se planteó la siguiente hipótesis: “En cada estilo de aprendizaje, la valoración asignada (V_A) del mapa conceptual final (posttest) depende de la valoración asignada (V_A) del mapa conceptual inicial (pretest)”.

Haciendo uso del programa SPSS, se obtuvieron los resultados registrados en la tabla 3.45 para el valor de τ -b de Kendall de correlación bivariada.

Tabla 3-45. Correlación bivariada Tau-b de Kendall

Estadísticos	Multiestilo		Reflexivo		Teórico		Pragmático		Activo			
	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest		
Pretest	Coeficiente de correlación		1,000	0,066	1,000	0,000	1,000	0,546*	1,000	0,000	-0,244	
	Significancia. (bilateral)			0,559		1,000		0,015		1	0,439	
	Número de datos (N)		65	65	6,000	6	16	16	5	10	10	
Tau-b de Kendall	Coeficiente de correlación		0,066	1,000	0,000	1,000	0,546*	1,000	0,000	1,000	-0,244	1,000
	Significancia (bilateral)		0,559		1,000		0,015		1		0,439	
	Número de datos (N)		65	65	6	6	16	16	5	5	10	10
Postest												

*Nota: La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Fuente: elaboración propia, programa estadístico SPSS.

Con el valor de 0,000 en el coeficiente de correlación τ -b de Kendall obtenido para el caso de los estudiantes con estilos de aprendizaje reflexivo y pragmático, se puede asegurar que no existe correlación entre el resultado del pretest y el posttest, lo cual supone que los estudiantes con estos estilos de aprendizaje tienen una evolución cognitiva independiente de los conceptos iniciales.

Los estudiantes multiestilo presentaron un coeficiente τ -b de Kendall = 0,066, que estadísticamente no es significativo, ya que es inferior al valor crítico teórico esperado. Por tal razón, no existe una correlación entre el resultado del pretest y del posttest. Esto indica que los conocimientos iniciales no influyen en el nivel de aprendizaje significativo logrado por estos estudiantes. Para los estudiantes con estilo de aprendizaje activo el valor de τ -b de Kendall = -0,244 permite inferir que no existe correlación estadísticamente significativa entre las variables, ya que es inferior al valor crítico teórico estadístico de 0,551 (véase anexo 3), por lo que los conceptos iniciales no influyen en el aprendizaje significativo logrado.

El resultado estadísticamente significativo fue el obtenido por los estudiantes teóricos, donde el coeficiente de correlación τ -b de Kendall tuvo un valor positivo 0,546, superior al valor crítico estadístico de 0,383 (véase anexo 3). Por tanto, la hipótesis planteada se acepta para este grupo de estudiantes, es decir, estadísticamente para “estudiantes con estilo de aprendizaje teórico, el valor numérico asignado (v_A) del mapa conceptual final posttest depende del valor asignado (v_A) del mapa conceptual inicial pretest”. En consecuencia, los conceptos iniciales son importantes para anclar los nuevos conceptos en la estructura cognitiva de este grupo de estudiantes, cuando se trabaja en un modelo de resolución de problemas, con el fin de lograr resultados positivos en el aprendizaje significativo.

Esta primera correlación determinada estadísticamente se confirmó mediante el cálculo del coeficiente de correlación ρ de Spearman para correlaciones bivariadas. El coeficiente de ρ Spearman es una medida de correlación de asociación o interdependencia entre dos variables organizadas por rangos, y varía entre -1 y 1, donde los extremos implican una interdependencia completa positiva o negativa y un valor 0 indica que no existe correlación entre las variables (B. Hernández, 2001).

En la tabla 3.46, se presentan los resultados del coeficiente ρ de Spearman obtenido para la valoración asignada de los mapas conceptuales pretest y posttest, ordenados por estilos de aprendizaje.

Tabla 3-46. Correlación bivariada Rho de Spearman

Estadístico	Multiestilo		Reflexivo		Teórico		Pragmático		Activo	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Rho de Spearman	Coeficiente de correlación		1,000	0,070	1,000	0,048	1,000	0,612*	1,000	-0,258
	Significancia (bilateral)			0,578		0,929		0,012	1	0,471
	Número de datos (N)		65	65	6	6	16	16	5	10
Postest	Coeficiente de correlación		0,070	1,000	0,048	1,000	0,612*	1,000	-0,258	1,000
	Significancia. (bilateral)		0,578		0,929		0,012	1	0,471	
	Número de datos (N)		65	65	6	6	16	16	5	10

*Nota: La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Fuente: elaboración propia, programa estadístico spss.

Los resultados del coeficiente ρ de Spearman confirmaron lo señalado en el análisis de τ -b de Kendall frente a la correlación significativa entre las variables pretest y posttest. Para el caso de los estudiantes con estilo de aprendizaje teórico, se obtuvo un valor igual a 0,612 superior al valor crítico teórico (véase anexo 3) de 0,503, lo cual supone que la hipótesis planteada es aceptada y se produce con un 95 % de probabilidad. Igualmente, se confirma la inexistencia de asociaciones entre el valor asignado del mapa conceptual inicial (pretest) y el final (posttest) para los estudiantes con estilo de aprendizaje activo, multiestilo y pragmático, por lo que el aprendizaje significativo logrado por estos estudiantes se puede considerar independiente de los conceptos iniciales.

Se resalta el resultado del coeficiente ρ de Spearman para los estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo, el cual indica una correlación positiva: cuando el valor asignado al pretest aumenta, se incrementa el valor asignado del posttest, en tanto que el coeficiente de Kendall no mostraba correlación alguna; no obstante, el resultado obtenido con el coeficiente ρ de Spearman no es estadísticamente significativo.

Las actividades realizadas en el aula enmarcadas en el modelo de resolución de problemas favorecen el aprendizaje significativo, lo que se evidencia por la evolución en la estructura cognitiva de los estudiantes. En consecuencia, se presume que la mayoría de estudiantes logran un aprendizaje significativo. La evolución en la estructura cognitiva se cuantificó individualmente mediante el nivel de aprendizaje significativo (CE). En la figura 3.69 se observa el histograma que representa el nivel de aprendizaje significativo de los estudiantes con estilo de aprendizaje multiestilo.

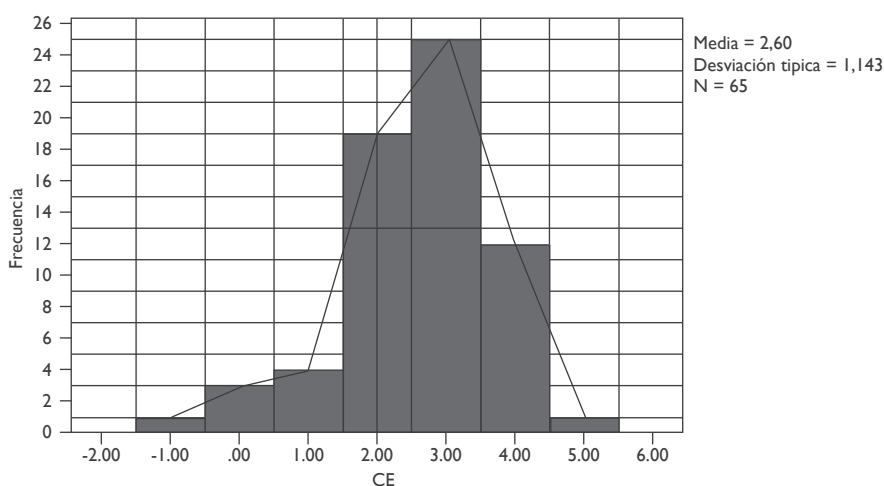


Figura 3.69. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje multiestilo

Fuente: elaboración propia.

El histograma anterior muestra un CE positivo para la mayoría de los casos, con excepción del estudiante 66 quien presentó decrecimiento en el aprendizaje significativo, con un CE igual a -1. Los estudiantes que no tuvieron una evolución cognitiva, es decir, que su nivel de aprendizaje significativo CE reportó un valor de 0, se convierten en casos de interés investigativo con el fin de identificar otros factores influyentes en el aprendizaje significativo, no controlados en la presente investigación.

En la figura 3.70 se presenta el histograma de frecuencia correspondiente al nivel de aprendizaje significativo para los estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo. Según la distribución, la mayoría se ubica en el valor de CE igual a 1 y 3. En ningún caso se registra un valor de cero, ni negativo, lo cual refuerza el supuesto de que el modelo de resolución de problemas favorece el aprendizaje significativo de conceptos químicos para este grupo de estudiantes.

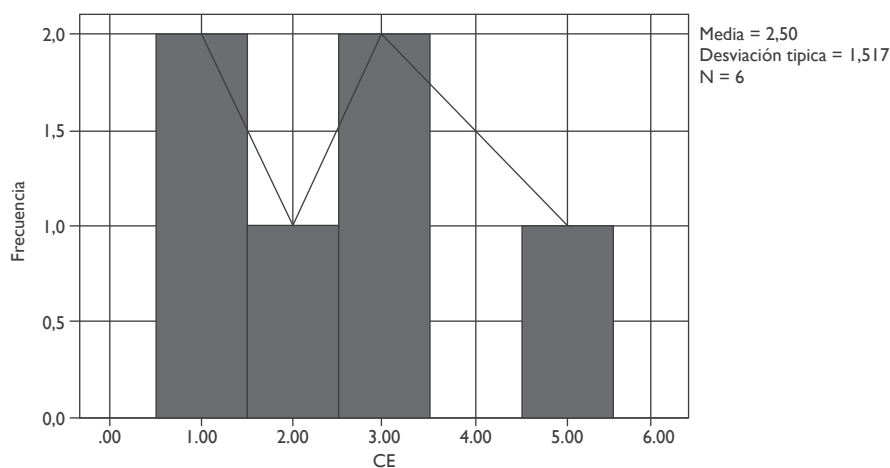


Figura 3.70. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo

Fuente: elaboración propia.

El histograma de frecuencias de la figura 3.71 muestra el comportamiento del CE para los estudiantes con estilo de aprendizaje teórico.

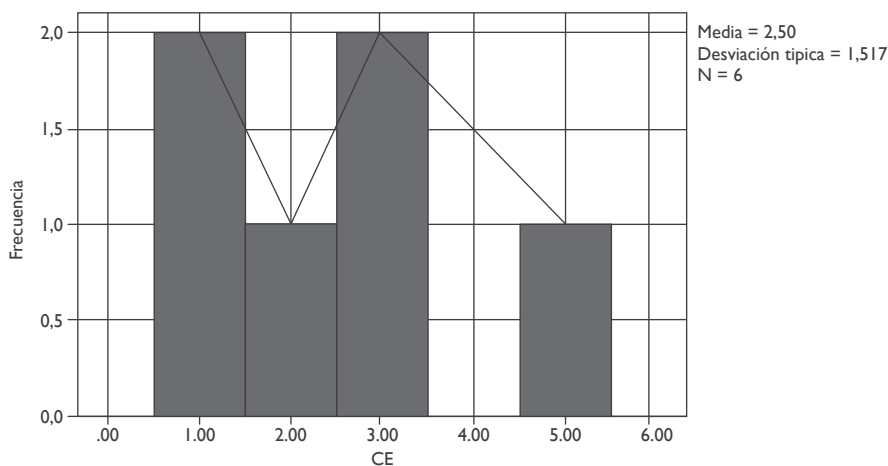


Figura 3.71. *Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje teórico*

Fuente: elaboración propia.

El histograma anterior muestra una distribución según la cual los valores de CE iguales a 2 y 3 cuentan con mayor frecuencia para este grupo, y solo se presenta un caso donde no hay evolución en la estructura cognitiva (CE = 0). Esta distribución indica claramente el efecto favorable del modelo de resolución de problemas en el proceso de aprendizaje para este grupo de estudiantes.

En la distribución de frecuencias del CE para el grupo de estudiantes con estilo de aprendizaje pragmático, es notoria la frecuencia mayoritaria en un valor de CE igual a cero, lo que sugiere que las actividades enmarcadas en el modelo de resolución de problemas no son favorables para el aprendizaje significativo de conceptos químicos en los estudiantes con este estilo de aprendizaje (véase figura 3.72).

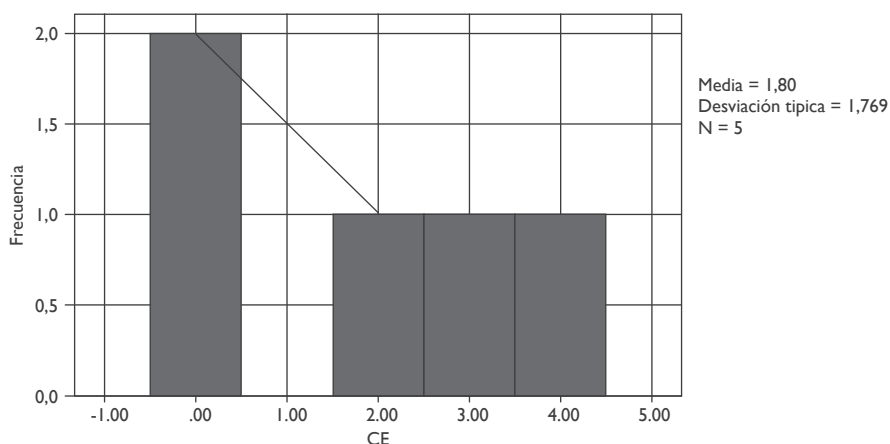


Figura 3.72. Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje pragmático

Fuente: elaboración propia.

Este resultado invita a desarrollar una investigación alrededor de las causas por las cuales no se lograron los objetivos propuestos, así como identificar cuál modelo constructivista les favorece. Sorprende este resultado si se tiene en cuenta que la metodología incluye actividades experimentales en el laboratorio de química, las cuales han sido catalogadas como una de las preferidas por parte de los individuos con este estilo de aprendizaje (Cisneros *et al.*, 2004). Además, es importante diseñar actividades diferentes a las desarrolladas en esta investigación, y probablemente, enmarcadas un modelo diferente al de resolución de problemas.

El histograma de distribución para los estudiantes con estilo de aprendizaje activo se presenta en la figura 3.73. La distribución indica el bajo impacto de las actividades realizadas en el marco de la resolución de problemas para el aprendizaje significativo de conceptos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos, ya que ningún estudiante con este estilo de aprendizaje logró un CE de 4 o 5; solo dos estudiantes alcanzaron un CE = 3 y la mayoría se ubicó en valores de CE = 1 o 2; de hecho dos estudiantes no lograron un aprendizaje significativo, ya que su CE fue de 0.

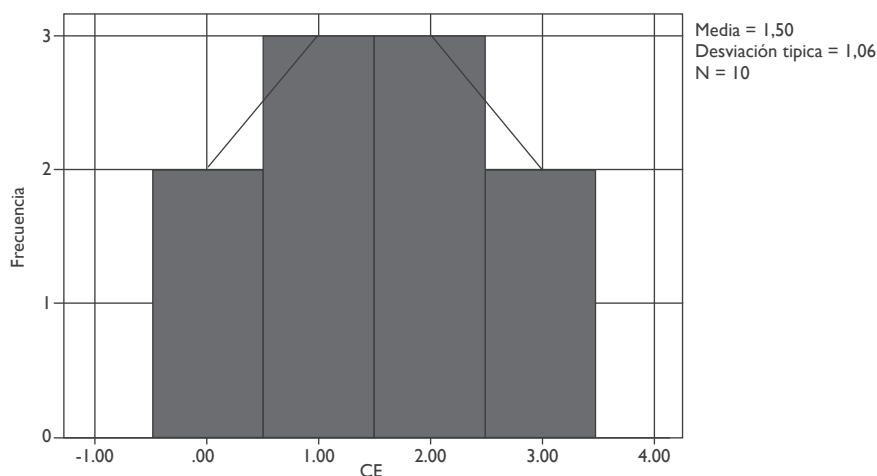


Figura 3.73. *Histograma del nivel de aprendizaje significativo (CE) para estudiantes con estilo de aprendizaje activo*

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados anteriores, parece demostrarse que en la mayoría de los casos el modelo de resolución de problemas tiene una influencia positiva en el aprendizaje significativo, evidenciado por la evolución en la estructura cognitiva de los estudiantes, evaluada mediante el nivel de aprendizaje significativo (CE). Sin embargo, se perciben algunas diferencias entre los grupos de estudiantes. En consecuencia, se presume cierta influencia de los estilos de aprendizaje, la cual se analizará en el siguiente apartado.

Como lo demuestran los resultados, a pesar de los buenos indicadores de aprendizaje significativo, algunos estudiantes no lograron cumplir los objetivos propuestos, siendo este un llamado para que los profesores identifiquen las razones individuales, ambientales, sociales u otras que afectan el proceso. En este sentido, algunos autores han expuesto algunos inconvenientes propios del modelo de resolución de problemas aplicado a las ciencias, como por ejemplo: la dificultad para entender el enunciado de los problemas; la búsqueda de un algoritmo dado en el enunciado para intentar hallar la respuesta correcta, sin que el estudiante analice previamente el enunciado; la falta de habilidades semánticas y lingüísticas; la ausencia de estrategias para solucionar el problema; la dificultad por desarrollar esquemas mentales para solucionar problemas en química, y la falta de motivación, entre otros aspectos (Ouasri, 2017; Polanco, 2011).

Por otra parte, los resultados positivos permiten evidenciar las bondades del modelo, especialmente si se tiene en cuenta las dificultades en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química. Para algunos autores estas radican en

una enseñanza unidireccional, centrada en el docente, expositiva y memorística, carente de motivación para los estudiantes y sin estrategias de estudio (Busquets *et al.*, 2016), debilidades que, al parecer, son parcialmente superadas con el modelo de resolución de problemas.

Con base en las anteriores reflexiones, es claro que en un proceso de enseñanza-aprendizaje de la química empleando el modelo de resolución de problemas es importante desarrollar habilidades que faciliten el proceso, entre otras se destacan: identificar la información necesaria, así como el problema y analizarlo críticamente. Se presume que estas habilidades se desarrollan con el tiempo, siempre que se realicen actividades enfocadas en dicho objetivo. En este sentido, un estudio realizado con una población conformada por 17 estudiantes de pregrado en química, 8 profesores de química adscritos a universidades del Reino Unido y 6 profesionales graduados en química, vinculados a la industria, evidenció que los estudiantes de pregrado proponen soluciones muy pobres a los problemas planteados, los profesores universitarios exponen soluciones de expertos, y los graduados vinculados a la industria se ubican en un punto intermedio, siendo estos resultados una evidencia del desarrollo de las habilidades antes expuestas (Randles y Overton, 2015).

Una de las actividades en la estrategia didáctica resaltada por sus buenos resultados en el proceso de aprendizaje significativo fue el foro, gracias a la oportunidad de debatir opiniones, plantear hipótesis y proponer soluciones, utilizando un lenguaje científico apropiado y un discurso suficientemente documentado para lograr una participación efectiva. Este aspecto ha sido estudiado mediante el análisis de los discursos utilizados por los estudiantes de química, cuando trabajan en grupos pequeños para resolver problemas, y ha evidenciado el desarrollo de dinámicas en las que se toman decisiones conjuntas, se cuestionan, explican y construyen conceptos sobre las ideas del otro, profundizando en la comprensión científica (Repice *et al.*, 2016).

Influencia de los estilos de aprendizaje

De acuerdo con los resultados estadísticos presentados y analizados en las secciones anteriores, es evidente que el modelo de resolución de problemas influye positivamente en el aprendizaje significativo de conceptos químicos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos. Además los histogramas de distribución sugieren una posible influencia de los estilos de aprendizaje en la relación entre la resolución de problemas y el aprendizaje significativo. Por tanto, se plantea la siguiente hipótesis: “El aprendizaje significativo de conceptos químicos asociados a proteínas, glúcidos y lípidos, logrado mediante el modelo de resolución de problemas, está influenciado por los estilos de aprendizaje”.

Para aceptar o rechazar esta hipótesis se realizó un análisis estadístico, en particular se determinaron los coeficientes de correlación τ -b de Kendall y ρ de Spearman, los cuales dan información sobre la existencia o no de una correlación entre las variables. En caso de que exista correlación, se realiza una regresión curvilínea multivariante que evalúa el tipo de dependencia entre una variable independiente y otra dependiente. Este análisis proporciona los coeficientes de la fórmula matemática de dependencia que mejor explica la relación entre las variables y calcula la probabilidad de que la dependencia encontrada sea por azar; en este caso se trabaja con una probabilidad $p \leq 0,05$ (5 % de error).

Con el fin de realizar el análisis estadístico, se asumió como variable independiente el estilo de aprendizaje y como variable dependiente el aprendizaje significativo. Además, entendiendo que el estilo de aprendizaje es una variable cualitativa nominal, fue necesario transformarla en una variable cuantitativa discreta, como se muestra en la tabla 3.47. Para ello, los estilos de aprendizaje se ordenaron de mayor a menor, según el nivel de logro percibido con el índice de aprendizaje significativo (CE), donde 1 es el estilo de aprendizaje con mayor CE y 5 el de menor CE .

Tabla 3.47. *Valor asignado a los estilos de aprendizaje*

Estilo de aprendizaje	Valor asignado
Multiestilo	1
Reflexivo	2
Teórico	3
Pragmático	4
Activo	5

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el aprendizaje significativo, caracterizado por el nivel de aprendizaje significativo (CE), se entiende como una característica individual, pero para facilitar el tratamiento estadístico e identificar si existe una correlación con la variable independiente, se trabaja con el promedio de los CE obtenido por cada grupo de estudiantes que conforman los estilos de aprendizaje. En la tabla 3.48 se presentan los valores numéricos de las dos variables que se analizan.

Tabla 3.48. Datos sobre estilo de aprendizaje y aprendizaje significativo para el análisis estadístico

Estilo de aprendizaje	Aprendizaje significativo promedio (CE)
1	2,6
2	2,5
3	2,1
4	1,8
5	1,5

Fuente: elaboración propia.

Mediante el uso de los coeficientes de correlación bivariada τ -b de Kendall y ρ de Spearman, se evaluó la posible correlación entre las dos variables propuestas, lo que permite aceptar o rechazar la hipótesis propuesta. En la tabla 3.49 pueden observarse los valores estadísticos de la correlación bivariada.

Tabla 3.49. Correlación bivariada Tau b-de Kendall y Rho de Spearman (Estilos-Aprendizaje significativo)

Estadístico		Estilo	Promedio CE
Tau-b de Kendall	Estilo	Coeficiente de correlación	1,000
		Número de datos (N)	5
	Promedio CE	Coeficiente de correlación	-1,000*
		Número de datos (N)	5
ρ de Spearman	Estilo	Coeficiente de correlación	1,000
		Número de datos (N)	5
	Promedio CE	Coeficiente de correlación	-1,000**
		Número de datos (N)	5

Notas: * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

Fuente: elaboración propia.

El valor -1,000 para los coeficientes de correlación τ -b de Kendall y ρ de Spearman implica una fuerte correlación de asociación entre las dos variables, con una correlación significativa de 0,05 (5 % de error) para el coeficiente τ -b de Kendall y de 0,01 (1 % de error) para ρ de Spearman.

Este resultado estadístico es inobjetable y, por tanto, se acepta la hipótesis planteada. Se puede afirmar entonces que los estilos de aprendizaje influyen en el aprendizaje significativo de conceptos químicos asociados a proteínas, glúcidos y lípidos al emplear el modelo de resolución de problemas. En consecuencia, se recomienda que los profesores interesados en la didáctica de las ciencias y especialmente de la química tengan en cuenta estas particularidades de los estudiantes en el momento de diseñar actividades de aula.

El signo negativo de los coeficientes indica una fuerte asociación inversa entre las variables. Para este caso, implica que entre mayor sea el valor asignado a los estilos de aprendizaje, menor es el aprendizaje significativo representado mediante el CE, recordando que cada valor asignado a los estilos de aprendizaje representa uno de los cinco grupos descritos en la tabla 3.47. El resultado estadístico parece ser concluyente, e indica que el modelo de resolución de problemas favorece el aprendizaje significativo de conceptos en mayor medida en los estudiantes con estilo de aprendizaje multiestilo, pero esto no sucede de igual manera en los estudiantes con estilo de aprendizaje activo.

Por otra parte, el resultado estadístico anterior podría estar asociado con la fiabilidad del instrumento para identificar los estilos de aprendizaje, ya que, como es bien conocido, diversas investigaciones enfocadas en la validación del cuestionario CHAEA han encontrado que los estilos de aprendizaje teórico y pragmático cuentan con la menor fiabilidad (Escrura, 2011; Juárez, 2014). En este sentido, es factible plantearse la siguiente hipótesis: “El aprendizaje significativo de conceptos químicos asociados a proteínas, glúcidos y lípidos, logrado mediante el modelo de resolución de problemas, está influenciado por la fiabilidad del cuestionario CHAEA”.

Para validarla, se realizó un análisis estadístico que corroborara o descartara una posible correlación entre el nivel de aprendizaje significativo y la fiabilidad del instrumento. Con tal propósito, se emplearon los coeficientes estadísticos de τ -b de Kendall y ρ de Spearman.

A fin de contextualizar la posible correlación entre el aprendizaje significativo y la fiabilidad del cuestionario CHAEA, es necesario tener en cuenta que existen diversos estudios psicométricos encaminados a medir la confiabilidad del instrumento. Es evidente que, en su gran mayoría, los resultados de las investigaciones muestran tendencias similares, donde los estilos de aprendizaje pragmático y activo son los de menor fiabilidad, con niveles que no afectan la validez general del instrumento. Algunas de las más investigaciones representativas son:

- Alonso *et al.* (1997): reflexivo $\alpha = 0,72$; teórico $\alpha = 0,65$; activo $\alpha = 0,62$; pragmático $\alpha = 0,58$.
- Camarero *et al.* (2000): activo $\alpha = 0,68$; reflexivo $\alpha = 0,64$; teórico $\alpha = 0,63$; pragmático $\alpha = 0,59$.
- Juárez (2014): activo $\alpha = 0,58$; teórico $\alpha = 0,57$; pragmático $\alpha = 0,56$; reflexivo $\alpha = 0,54$.

Para efectos del presente trabajo, se asume el resultado de Alonso *et al.* (1997) ya que utilizaron una población suficientemente amplia, integrada por 1371 alumnos de 25 facultades de las universidades Autónoma y Politécnica de Madrid. Los estilos de aprendizaje se ordenaron de mayor a menor valor de alfa de Cronbach y se realizó el análisis estadístico correspondiente para identificar una posible correlación con el promedio del nivel de aprendizaje significativo (CE) como se presenta en la tabla 3.50.

Tabla 3.50. Datos sobre fiabilidad del instrumento y aprendizaje significativo

Estilo de aprendizaje	Código de identificación del estilo de aprendizaje	Aprendizaje significativo promedio (CE)
Reflexivo	1	2,5
Teórico	2	2,1
Activo	3	1,5
Pragmático	4	1,8

Fuente: elaboración propia.

Para determinar si existía correlación entre las dos variables, se realizó un análisis de correlación bivariada y se determinaron los estadísticos τ -b de Kendall y ρ de Spearman (véase tabla 3.51).

Tabla 3.51. *Correlación bivariada: fiabilidad del instrumento y CE*

Estadístico		Estilo	Promedio CE
Tau-b de Kendall	Estilo	Coefficiente de correlación	1,000
		Número de datos (N)	4
	Promedio CE	Coefficiente de correlación	-0,667
		Número de datos (N)	4
ρ de Spearman	Estilo	Coefficiente de correlación	1,000
		Número de datos (N)	4
	Promedio CE	Coefficiente de correlación	-0,800
		Número de datos (N)	4

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados muestran que si bien existe una tendencia negativa entre los datos, gracias a que los coeficientes calculados (τ -b de Kendall = -0,667 y ρ de Spearman = -0,800) así lo indican, no son estadísticamente significativos, ya que para un 95 % de confiabilidad se esperaría un valor de -1,000 para los dos coeficientes estadísticos (véase anexo 4). Con estos resultados, se puede afirmar que no existe correlación entre la fiabilidad del instrumento y el nivel de aprendizaje significativo. Sin embargo, se recomienda realizar un estudio más profundo para descartar la posibilidad de esta correlación, integrando la categoría de estilo de aprendizaje multiestilo.

Con este panorama, y aceptando la existencia de una correlación bivariada entre los estilos de aprendizaje y el nivel de aprendizaje significativo, descartando una influencia de la fiabilidad del instrumento, es posible tratar de identificar la ecuación matemática que explica dicha correlación. Con este propósito, se realizó un análisis estadístico de regresión con estimación curvilínea mediante el paquete estadístico SPSS. Se obtuvieron las posibilidades que se registran en las tablas 3.52, 3.53 y 3.54.

Tabla 3.52. Regresión curvilínea lineal

R		R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,989		0,978	0,971	0,080
Variable independiente	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	
	B	Error típico	Beta	T Sig.
Estilo	-0,290	0,025	-0,989	-11,523 0,001
(Constante)	2,970	0,083		35,583 0,000

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.53. *Regresión curvilínea cuadrática*

Variable independiente	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados	
	B	Error típico		Beta	T
Estilo	-0,161	0,130		-0,550	-1,246
Estilo ** 2	-0,021	0,021		-0,447	-1,011
(Constante)	2,820	0,170			16,584
					0,004

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.54. Regresión curvilínea cúbica

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,998	0,996	0,983	0,060

Variable independiente	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		T	Sig.
	B	Error típico	Beta			
Estilo	0,429	0,384	1,461	1,115	0,465	
Estilo ** 2	-0,246	0,143	-5,139	-1,728	0,334	
Estilo ** 3	0,025	0,016	2,748	1,587	0,358	
—(Constante)	2,400	0,294		8,164	0,078	

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la expresión matemática que mejor representa la correlación entre las dos variables, se tuvo en cuenta el coeficiente R y R², asumiendo como criterio la cercanía a 1, lo cual significa que el modelo explica mejor la correlación entre las dos variables. En este sentido, el modelo de regresión curvilínea que mejor representa la correlación es el cúbico, con un valor de la constante de correlación R = 0,998 y R² = 0,983. La gráfica y la ecuación matemática representativa de la correlación entre las variables se presentan en la figura 3.74.

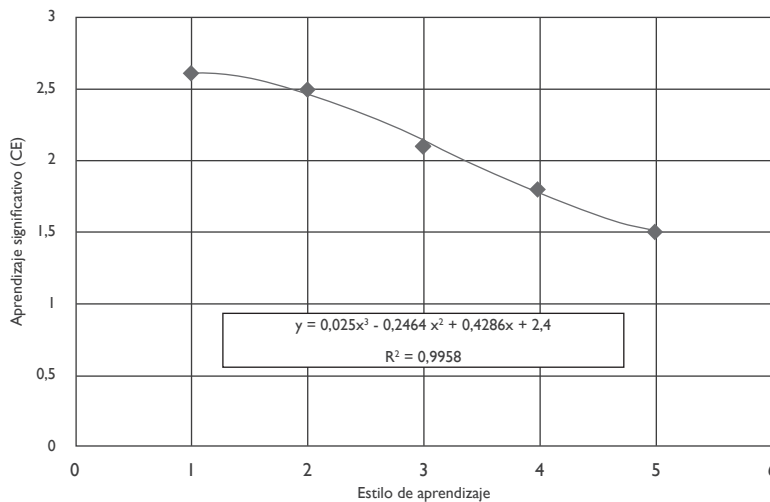


Figura 3.74. Gráfica de regresión, modelo cúbico

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados confirman lo planteado en el modelo de aprendizaje propuesto por Honey y Mumford (1986), el cual debe ser entendido como una articulación entre cuatro etapas, todas ellas necesarias e indivisibles:

1. Experiencial: el aprendizaje empieza cuando un individuo tiene una experiencia acerca del objeto de aprendizaje.
2. Revisión de la experiencia: la persona analiza la experiencia.
3. Concluyendo desde la experiencia: una vez analiza la experiencia, el sujeto elabora conclusiones.
4. Planeación: con las conclusiones, el individuo planea el siguiente paso y retoma una experiencia, para repetir nuevamente sigue el ciclo (Honey y Mumford, 1986; Muñoz y Sánchez, 2001).

En este ciclo de aprendizaje lo ideal es que las personas puedan experimentar, reflexionar, proponer hipótesis y aplicar. Estos requisitos se acomodan mejor a las características equilibradas de los estudiantes con el estilo de aprendizaje multiestilo, categoría propuesta en esta investigación.

Los resultados obtenidos permiten aportar algunos elementos extra para el avance en el estudio de las diferencias individuales en procesos educativos, especialmente en el marco de los estilos de aprendizaje, donde la mayoría de las investigaciones en este campo se han centrado en caracterizar grupos de estudiantes o su relación con el rendimiento académico. Así, por ejemplo, se ha determinado que algunos estudiantes registrados en cursos de química cuentan con características mixtas de estilos de aprendizaje y logran los mejores resultados en esta área del conocimiento (Lizano *et al.*, 2015; Sepúlveda *et al.*, 2011).

Además, la gran mayoría de las investigaciones realizadas, una vez definido el perfil estilístico de los estudiantes, se limitan a recomendar la necesidad de planificar las actividades en el aula para incluir todos los estilos de aprendizaje, y se apartan de impartir contenidos técnicos de la disciplina con modelos de enseñanza-aprendizaje centrados en el profesor, expositivos y memorísticos (Alducin y Vázquez, 2016; Bahamón *et al.*, 2013; Sepúlveda *et al.*, 2011); sin embargo, pocos trabajos se ocupan de operativizar estas recomendaciones.

En este contexto, el presente trabajo de investigación hace un aporte representativo al problema del aprendizaje de la química, puesto que aplica una serie de actividades enmarcadas en el modelo de resolución de problemas, identificando con mayor profundidad la influencia de los estilos de aprendizaje en el aprendizaje significativo de conceptos asociados a la bioquímica. En el capítulo siguiente se presentan las conclusiones de esta investigación y se realiza una reflexión sobre el cumplimiento de los objetivos, aspectos concernientes a los estilos de aprendizaje, el modelo de resolución de problemas y las relaciones entre ellos. Por último, se proponen algunas perspectivas de investigación sobre los resultados.

EL APRENDIZAJE: UN GRADIENTE DE CONOCIMIENTO

Indudablemente el trabajo profesional de todo docente es completamente dinámico, cambiante y de alta complejidad. Por un lado, debe lograr un aprendizaje resistente al olvido, pero especialmente un aprendizaje útil y aplicado a las necesidades de los individuos. Sin embargo, por otro, la masificación de las aulas se convierte en una dificultad, debido a la necesidad de aplicar actividades y evaluaciones generalizadas que desconocen las particularidades que afectan los procesos de aprendizaje. En estas condiciones, la planeación, el diseño y la aplicación de actividades difícilmente se enfocan en las necesidades individuales de los alumnos pues se asume que todos deben aprender de la misma forma.

Como respuesta a esta problemática se han desarrollado diversas investigaciones orientadas a proponer un aprendizaje significativo de conceptos, empleando diferentes herramientas didácticas, las cuales han mostrado buenos resultados. Sin embargo, siempre se encuentra un porcentaje de estudiantes que no logran los objetivos planteados, y esto genera consecuencias anexas como desmotivación, deserción y actitudes negativas, entre otras. En este contexto, la resolución de problemas ha sido estudiada como vía para lograr aprendizaje significativo de conceptos y ha evidenciado tanto resultados positivos como negativos, por lo que algunos investigadores tienen posturas críticas frente al modelo y otros le han reconocido bondades, especialmente en el campo de la motivación por el autoaprendizaje.

Con este panorama, el presente capítulo expone algunas consideraciones, sustentadas en los resultados obtenidos luego de implementar la metodología propuesta, y ofrece proyecciones investigativas con el ánimo de incentivar la indagación en aspectos que afectan los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química.

Sin lugar a dudas, la riqueza de estas consideraciones reside en los aportes a los estudios en el campo de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la química, la aplicación de la psicología del aprendizaje y la importancia de las diferencias individuales.

DE LAS RELACIONES ENTRE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS, EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

La estructura del plan de estudios en muchos centros universitarios incluye el curso de bioquímica en los semestres avanzados. En el caso de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, la asignatura se registra en octavo semestre, después de haber estudiado dos semestres de fundamentación en química orgánica y biología. Por esta razón, sorprende el bajo nivel de complejidad en los mapas conceptuales iniciales, el reducido número de conceptos utilizados, la falta de relaciones cruzadas entre ellos y el alto número de errores conceptuales, a pesar de que algunos de estos temas son abordados en dichos cursos.

El uso de los mapas conceptuales como herramienta para evaluar el aprendizaje significativo de conceptos ofrece una mirada holística de la evolución en la estructura cognitiva de los estudiantes. Así el análisis cualitativo y el nivel de aprendizaje significativo llevan a concluir que el modelo de resolución de problemas influye favorablemente en el aprendizaje significativo de los conceptos químicos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos.

Los coeficientes de correlación τ -b de Kendall y ρ de Spearman permiten identificar una fuerte correlación entre el aprendizaje significativo y los estilos de aprendizaje, siendo el grupo de estudiantes con estilo de aprendizaje multiestilo y reflexivo quienes logran los mejores resultados; por el contrario, los estudiantes con estilo de aprendizaje activo obtienen los más bajos. De lo anterior se deduce que el modelo de resolución de problemas fomenta el aprendizaje significativo de conceptos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos con una fuerte influencia de los estilos de aprendizaje.

El análisis estadístico de regresión curvilínea propone una ecuación matemática cúbica que representa la correlación entre el estilo de aprendizaje y el nivel de aprendizaje significativo. Esta ecuación matemática debe ser estudiada con mayor profundidad afinando la correlación de características individuales de los estudiantes con el aprendizaje significativo.

El aporte de la presente investigación puede ser analizado en dos líneas. En primer lugar, en la identificación de la correlación tridimensional entre el modelo de resolución de problemas, el aprendizaje significativo y la influencia de los estilos de aprendizaje, destacándose la necesidad de ampliar las categorías de los estilos de aprendizaje propuestos por Honey y Mumford (1986) con una nueva categoría

denominada *multiestilo*. En segundo lugar, la ecuación matemática de regresión curvilínea cúbica es una primera aproximación en el intento de pronosticar estadísticamente el resultado del proceso de enseñanza-aprendizaje y supone la necesidad de estudiar el efecto de otras variables, tales como los estilos de enseñanza, la cultura, el entorno familiar y social, entre otras variables cuyo efecto también podría ser expuesto a través de ecuaciones matemáticas.

LA INFLUENCIA DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

En el marco de la presente investigación los estilos de aprendizaje, entendidos en el campo de las diferencias individuales, tienen un papel importante, toda vez que se pretende identificar su influencia en el aprendizaje significativo de conceptos cuando se emplea el modelo de resolución de problemas. Por ello, se utilizó como instrumento el cuestionario estandarizado CHAEA, desarrollado por Alonso (1992).

Su aplicación para identificar los estilos de aprendizaje mostró que el 64 % de los estudiantes no tenían un estilo de aprendizaje claramente definido en alguna de las cuatro categorías establecidas por Honey y Mumford (1986). Esta tendencia permite proponer una nueva categoría denominada *multiestilo*, que respeta la idea de aceptar las características individuales de los estudiantes. Este resultado es similar al reportado por Rodríguez *et al.* (2010).

Es claro que si bien los estudiantes agrupados en esta categoría cuentan con características de los cuatro estilos propuestos por Honey y Mumford (1986), las posibilidades de combinación entre estos estilos son muy amplias, por lo que es necesario utilizar alternativas como la estadística descriptiva para elaborar un perfil estilístico que caracterice este grupo. Al respecto se encontró que sobresale el estilo de aprendizaje reflexivo y un equilibrio entre teórico y activo.

Desde este punto de vista, se puede asegurar que el problema de las individualidades es complejo y difícil de categorizar, por lo que en este contexto la propuesta de Honey y Mumford debe ser considerada como una guía y se debe aceptar la posibilidad de incluir otras categorías de acuerdo con el grupo objeto de estudio, la intención de la investigación o el objetivo de enseñanza. Esto permite contar con un panorama mayor de análisis sobre los efectos en el aprendizaje.

LA INFLUENCIA DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Como cualquier otra investigación, el modelo de resolución de problemas requiere de una planificación rigurosa para evitar improvisaciones y desviaciones en los resultados que generen conclusiones erradas, donde el contexto de los estudiantes, sus individualidades y la intencionalidad del docente son importantes en el diseño de actividades, máxime cuando en la resolución de problemas se pretende

desarrollar temáticas de interés vinculadas al entorno de los aprendices y propiciar un ambiente favorable de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes y el profesor.

En este sentido, los resultados analizados en el capítulo anterior muestran que las actividades diseñadas, el material de trabajo, la clase magistral, las prácticas de laboratorio, los foros virtuales de discusión y los mapas conceptuales (pretest y postest) son apropiados para el logro de los objetivos propuestos en la investigación. Esto se evidencia en el aprendizaje significativo de conceptos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos por parte de los estudiantes de Licenciatura en Química.

Se resalta el papel de cada una de las actividades propuestas, teniendo en cuenta que cada una cumple con un objetivo. Es indudable la riqueza de las clases magistrales dentro del modelo de resolución de problemas, enfocadas como un ejercicio de indagación a un experto, ya que incentivan el intercambio de opiniones y aclaran dudas sobre los conceptos. Además, permiten introducir los temas objeto de estudio y generar preguntas e hipótesis en los estudiantes. Los trabajos experimentales en el laboratorio fomentan la participación activa de los alumnos, quienes proponen, planean y ejecutan las prácticas de laboratorio enfocadas en comprobar supuestos surgidos de las lecturas previas y las clases magistrales, mientras el profesor actúa como un orientador experto en el tema.

Esta metodología ofrece la oportunidad de trabajar en equipos y se incentiva la construcción colectiva del conocimiento gracias al proceso de comprobar hipótesis y proponer una solución al problema planteado, convirtiéndose así en una herramienta importante para que el estudiante cuente con un acercamiento experiencial a los problemas propuestos.

El intercambio de ideas y experiencias, la reflexión sobre algunos temas, la formación de una comunidad y la construcción de conocimiento, entre otros aspectos, son los pilares del foro virtual, por lo que esta actividad, desarrollada después de la práctica de laboratorio, permite a los estudiantes revisar la experiencia vivida y plantear algunas conclusiones al respecto. Cabe mencionar que el papel del profesor en el foro es importante, especialmente por la retroalimentación dada en los tópicos trabajados, así como por la orientación, ampliación y aclaración de conceptos.

La elaboración de mapas conceptuales al finalizar cada tópico demuestra la versatilidad que tiene el instrumento para realizar un seguimiento en la evolución de la estructura cognitiva de los estudiantes, además les permite identificar sus fortalezas y debilidades frente a la temática planteada. Por tanto, los mapas conceptuales se convierten en una herramienta importante para que alumno y profesor realicen una planeación encaminada a reforzar conceptos débiles en la estructura cognitiva o a construir nuevos conceptos.

Uno de los aspectos críticos durante la planeación metodológica es identificar la mejor manera de evaluar el aprendizaje significativo. Aquí nuevamente se destaca la versatilidad de los mapas conceptuales como herramienta de evaluación pues hace posible observar con claridad y de forma holística los cambios en la estructura cognitiva de los estudiantes. No obstante, la dificultad se presenta en el momento de asignar un valor numérico, especialmente cuando el alumno no tiene experiencia en la elaboración de mapas conceptuales, ya que el diagrama elaborado podría no representar realmente la evolución cognitiva.

Se destaca el uso de las herramientas estadísticas como apoyo al análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados. Estas respaldan las conclusiones generadas, dan coherencia a las proyecciones de investigación y permiten ampliar el estudio de variables que influyen en los procesos de aprendizaje.

Una de las grandes preocupaciones de los profesores es el rendimiento académico de sus estudiantes, asumido como un indicador de aprendizaje frente al cumplimiento de objetivos, así como una vía para analizar las dificultades que tienen al relacionar teorías y conceptos científicos con el entorno (Varela y Martínez, 1997). Al respecto, el propósito principal de esta investigación ha sido establecer la influencia de la estrategia didáctica constructivista de resolución de problemas en el aprendizaje significativo de conceptos químicos asociados a las proteínas, los glúcidos y los lípidos en función de los estilos de aprendizaje. Para ello se planteó una metodología preexperimental, con la aplicación de un mapa conceptual inicial como pretest, luego unas actividades enfocadas a la resolución de problemas y un mapa conceptual final como postest, con resultados analizados mediante herramientas estadísticas que permiten respaldar las conclusiones de la investigación.

En cuanto al mapa conceptual pretest, los resultados obtenidos señalan claramente las dificultades conceptuales de los estudiantes. Además, la simplicidad de la estructura jerárquica pone de manifiesto el escaso lenguaje científico, los errores conceptuales, así como el desconocimiento de los conceptos químicos asociados a las proteínas, los lípidos y los glúcidos, lo que genera una desarticulación con temas no propiamente químicos o bioquímicos, como es el caso de las enfermedades producidas por los desórdenes alimentarios abordados en esta investigación.

El uso de la matriz evaluativa propuesta y altamente fiable gracias a la validación con expertos permite realizar una valoración holística del mapa conceptual, así como asignarle una valoración numérica para establecer categorías que facilitan el análisis. Así, se determina que la mayoría de los estudiantes, cerca del 58 %, se ubican en una categoría Suficiente al obtener un puntaje de 2 sobre 5; solo el 4 %, en la categoría Bien con un puntaje de 3 sobre 5 y ningún estudiante alcanzó el puntaje correspondiente a las categorías Notable o Excelente.

Al realizar un análisis general de las valoraciones antes mencionadas mediante herramientas estadísticas como los coeficientes Chi-cuadrado, τ -b de Kendall,

ρ de Spearman y de Wilcoxon, se determina la no existencia de relación entre los estilos de aprendizaje y la valoración numérica del mapa conceptual inicial o pre-test, lo cual supone que todos los estudiantes parten en igualdad de condiciones conceptuales, antes de aplicar las actividades asociadas al modelo de resolución de problemas.

El plantear un problema integrador centrado en los desórdenes alimentarios y sus consecuencias relacionadas con el sobrepeso, la obesidad y las dietas permite vincular aspectos de las ciencias sociales, las ciencias naturales y la industria; también genera intereses particulares debido a la implicación que tiene en la población adolescente, juvenil y adulta. Este problema motiva a los estudiantes a indagar en diversas fuentes bibliográficas y audiovisuales. En este sentido, se concluye que el problema integrador debe ser motivador y de interés para los estudiantes.

Los problemas específicos ayudan a organizar las actividades en el aula por temáticas y a identificar con mayor profundidad los errores conceptuales y la falta de profundidad en el uso del lenguaje científico articulado con la explicación del problema. Por su parte, la motivación por la indagación promueve un trabajo autónomo con el que los estudiantes intentan explicar por sí mismos los fenómenos asociados al problema planteado. Esto lo complementa la clase magistral donde tienen la posibilidad de intercambiar opiniones con un experto (profesor), lo cual parece ser una estrategia válida para mejorar dichas dificultades. Incorporar esta actividad al proceso de indagación es una de las maneras de vincularla en el marco del modelo de resolución de problemas. En ella debe existir un diálogo fluido con el estudiante, de tal forma que la aclaración y ampliación de conceptos, previamente indagados por el alumno, sea la finalidad de esta actividad.

El uso de las prácticas de laboratorio se constituye en una actividad clave en el proceso, pues permite un acercamiento experimental a las ideas encontradas en la teoría y motiva el trabajo en pequeños grupos. El intercambio de ideas entre sus integrantes dinamiza la actividad y la construcción colectiva de conceptos gracias a intereses comunes.

El análisis de los informes de laboratorio con el programa ATLAS.ti muestra una tendencia casi generalizada entre los participantes a analizar los resultados y las conclusiones basados en lo operativo y algorítmico, centrados en las dificultades técnicas por la falta de materiales y equipos de laboratorio o en los errores operativos con los que posiblemente se explican las diferencias con los datos de la literatura. Esto hace suponer la existencia de un problema estructural en la forma de ver el experimento como herramienta para desarrollar habilidades operativas o de comprobación de teorías vistas en clase y no como una vía para identificar fenómenos, construir conceptos o proponer explicaciones al respecto.

El foro de discusión virtual emerge como una actividad importante en el proceso de aprendizaje significativo, gracias a la posibilidad de incentivar el

intercambio de conceptos, puntos de vista y experiencias entre los estudiantes y el profesor, siempre que la discusión se realice alrededor de temas de interés, se incentive a los participantes a proponer el enfoque de la discusión y el docente colabore con la organización, la dirección, la orientación y conocimiento de experto. De esta manera, el foro facilita la corrección de errores conceptuales, incentiva la indagación y proporciona un ambiente acorde a las necesidades de aprendizaje.

El análisis realizado al foro virtual con el programa ATLAS.ti identifica temáticas centrales de discusión, sobre las cuales los estudiantes tienden a realizar un discurso coherente, relacionando los conceptos químicos con otras problemáticas que influyen en el objeto central de discusión. Pueden mencionarse temas industriales, psicológicos, médicos, sociales, biológicos, ambientales e inclusive culturales. Así, el foro virtual se configura en una importante actividad complementaria a la indagación, las prácticas de laboratorio y la clase magistral, gracias a su dinamismo y los efectos sobre la construcción de conceptos. Las complejas redes de temas o códigos identificadas a través del programa ATLAS.ti dan cuenta de su importancia.

Los mapas conceptuales elaborados al finalizar cada tema representan el esfuerzo de los estudiantes por relacionar los conceptos químicos trabajados en la clase magistral, la indagación, el laboratorio y el foro con aspectos como la salud, los alimentos, los deportes, los aspectos fisiológicos y los temas netamente bioquímicos como las enzimas, la cinética, el ciclo de Krebs, entre otros, gracias al intento por resolver los problemas particulares y el integrador.

La complejidad de los mapas constituye una evidencia más del progreso de los estudiantes, permite observar la evolución en la estructura cognitiva de cada uno, así como los errores persistentes y algunos tópicos que solamente se mencionan sin relacionarlos con otros. Lo anterior revela posibles dificultades en el aprendizaje y, por tanto, la necesidad de planear nuevas actividades enmarcadas en el modelo de resolución de problemas o en otros que favorezcan el aprendizaje.

LA PROYECCIÓN CUÁNTICA-TERMODINÁMICA DEL APRENDIZAJE

Producto del desarrollo de esta investigación surgieron nuevas ideas e interrogantes conducentes a investigaciones, las cuales seguramente enriquecerán los aportes a la didáctica de la química. En primer lugar, llevar el estudio a otros niveles y áreas del conocimiento, por ejemplo, en estudiantes de educación media, posgrado o en disciplinas como física, biología, matemáticas, ingenierías, ciencias de la salud, entre otras, con las que puede obtenerse un ejercicio importante para que los profesores y estudiantes logren cumplir sus objetivos académicos. En segundo, extender la investigación a otros modelos diferentes de la resolución de problemas,

como el aprendizaje por investigación, aprendizaje por descubrimiento o cambio conceptual por mencionar algunos.

En tercer lugar, surgió la idea de utilizar el estudio de la influencia de los estilos de aprendizaje en un campo más abierto de las características individuales del aprendizaje, en un intento por universalizar la proyección estadística-matemática de orden cúbica identificada en esta investigación, la cual puede ser una herramienta importante para planear las actividades de aula, con estudiantes caracterizados individualmente, y así pronosticar los posibles resultados finales, convergiendo en un nuevo modelo de aprendizaje enmarcado en la incertidumbre. En cuarto lugar, ampliar la propuesta sobre un modelo de aprendizaje enmarcado en la incertidumbre, donde el aula se considere como un sistema cuantizable, en el cual se aceptaría que el aprendizaje está influenciado por múltiples variables, todas ellas interrelacionadas, con un alto nivel de incertidumbre, que aparentemente generan incongruencia en el desempeño escolar, pero, como sucede con el concepto de la mecánica cuántica traído de las ciencias experimentales, la probabilidad estadística de lograr un aprendizaje solo es posible al manipular simultáneamente diversas variables.

ANEXOS

1. PRETEST Y POSTEST

Conceptos para elaborar mapa conceptual

A continuación encontrará una serie de conceptos que hacen parte de las temáticas propias de proteínas, lípidos, glúcidos (carbohidratos). El ejercicio pretende que usted elabore un mapa conceptual donde relacione la mayoría de conceptos que aparecen en la lista. Si considera necesario incluir otros que no están en la lista, siéntase en la libertad de hacerlo.

Por favor, elabore su mapa conceptual a mano y envíelo escaneado por este medio.

Proteínas	Ácidos grasos saturados	Carbohidratos
Aminoácidos	Ácidos grasos insaturados	Azúcares reductores
Péptidos	Fosfolípidos	Azúcares no reductores
Enzimas	Colesterol	Monosacáridos
Cinética	Metabolismo	Polisacáridos
Lípidos	Glúcidos	Fibra
Respiración celular	Aporte calórico	Ciclo de Krebs

Para recordar

Mapa conceptual

Un *mapa conceptual* es un diagrama jerárquico que refleja la organización conceptual de algún tema, y se consideran tres aspectos básicos para su elaboración:

- **Conceptos:** se entienden como abstracciones, imágenes mentales o características comunes de un grupo de objetos o acontecimientos.
- **Proposiciones:** son unidades semánticas formadas por dos o mas conceptos unidos por palabras apropiadas que le dan un significado.
- **Palabras enlace:** son palabras que unen conceptos para formar una unidad de significado.

Estos mapas conceptuales permiten observar la construcción de relaciones entre conceptos y proposiciones. ¡Gracias!

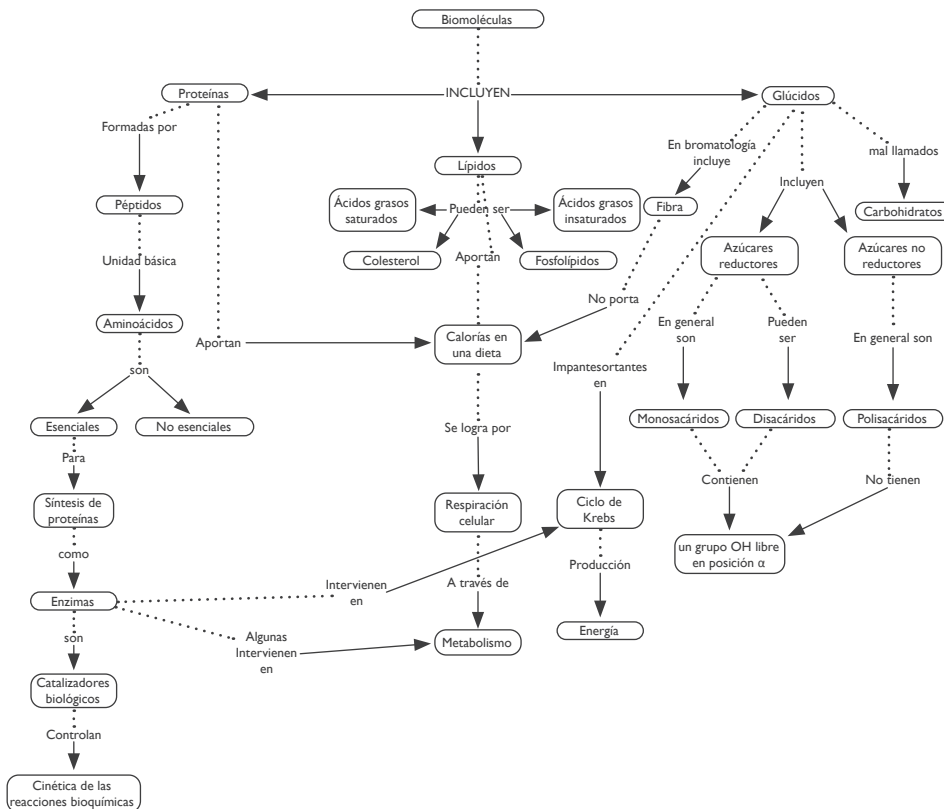


Figura A1.1. Mapa conceptual de referencia

Fuente: elaboración propia.

2. ACTIVIDADES EN EL AULA

Problema integrador

Introducción

Estilo de vida y bioquímica, un equilibrio vulnerable

Una de las problemáticas de la sociedad actual y que se considera como un problema de salud pública es todo lo relacionado con desórdenes alimentarios. Por ejemplo, los problemas cardiovasculares representan una de las causas principales de muerte en la población, especialmente derivadas del sobrepeso, la obesidad y la obesidad mórbida. Tal es así que Colombia en 2009, según la Sociedad Colombiana de Endocrinología, la población adulta con este problema superaba el 50 %, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla A2.1. *Prevalencia de los problemas de exceso de peso en Colombia*

Sexo	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)	Diferencia (%)
Hombres	39,9	31,1	8,8
Mujeres	49,6	33,0	16,6
Total	46,1	32,3	13,8

Fuente: elaboración propia con base en los informes de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional.

Con este panorama, han surgido diversas propuestas para bajar de peso, entre otras, la promoción de actividad física y una gran diversidad de dietas. Algunas de estas soluciones han sido desarrolladas por nutricionistas y otras tantas sin un respaldo científico. Una de las que ha generado mayor controversia es la dieta Dukan, que cuenta con muchos críticos en el área médica.

Problema

¿Cuál es la implicación de las dietas alimenticias en los procesos bioquímicos?

Actividades iniciales

Artículos propuestos para lectura

Lastra, L. G. y Lastra, G. G. (2005). Obesidad: Epidemia del nuevo milenio. *Actualización*, 53(3), 186-195.

“Nutricionista explica en detalle la polémica dieta Dukan”. (2012, abril). SIGWEB. El portal de los expertos en prevención de riesgos de Chile.

Video propuesto: <https://www.youtube.com/watch?v=ld7XeXlRjnY>

Plantee actividades para dar solución al problema.

La importancia de las proteínas

Proteínas, fuente de vida

Profesor Rodrigo Rodríguez C.
Universidad Pedagógica Nacional
Departamento de Química

Durante las décadas de los cuarenta y los cincuenta del siglo xx, los gobiernos latinoamericanos consideraron que el problema de pobreza y atraso en la población estaba asociado a la mala nutrición, donde el bajo consumo de calorías y proteínas, así como la falta de higiene ocasionaban enfermedades que llevaban a la ausencia laboral de los trabajadores y campesinos. Tal es así que las autoridades del país se dieron a la tarea de luchar contra la desnutrición. Los médicos pensaron que el mejoramiento en las condiciones de higiene y el aumento del consumo de proteína animal facilitarían el progreso de la nación al contar con trabajadores sanos, disciplinados y productivos (Aguilar, 2008).

En el contexto anterior, ¿cuáles son las funciones relevantes de las proteínas en la bioquímica humana? ¿Cómo se explican?

Bibliografía

Aguilar, S. (2008). Alimentando a la nación: género y nutrición en México (1940-1960). *Revista de Estudios Sociales*, (29) 28-40.

Taller: bioquímica de las proteínas

Nombre:

Código:

A continuación encontrará una serie de conceptos que hacen parte del tópico proteínas. Elabore un mapa conceptual donde relacione la mayoría de conceptos que aparecen en la lista; incluya al menos tres conceptos que no están en la lista.

Proteínas	Valor biológico	Alotérico
Aminoácidos	Estructura primaria	Puentes de hidrógeno
Péptidos	Agua	Cocina
Enzimas	Energía	Textura de alimentos
Cinética	Huevo	Energía de activación
Nutrición	Carne	
Valor químico	Frijol	

La energía de los glúcidos

Glúcidos: la energía de la vida

La sociedad actual enfrenta grandes retos en temas como la salud. Algunas enfermedades como hipoglicemia, hiperglicemia y diabetes causan preocupación (Mora y Barrera, 2005).

- ¿Cuál es el papel de los glúcidos en los procesos bioquímicos y qué incidencia tienen en estas enfermedades?
- ¿Cuál sería la recomendación de dieta para una persona con problemas de azúcar?, ¿cómo lo sustentaría desde la bioquímica?

Actividades

Proponga algunas actividades para solucionar las preguntas anteriores.

Bibliografía

Mora, G. y Barrera, M. (2005). Dieta y enfermedad coronaria. *Revista de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia*, 53(2), 98-116.

Taller: bioquímica de los glúcidos

Nombre:

Código:

A continuación encontrará una serie de conceptos que hacen parte del tópico glúcidos. Elabore un mapa conceptual donde relacione la mayoría de conceptos que aparecen en la lista; incluya al menos tres conceptos que no están en la lista.

Glúcidos	Deporte	Metabolismo
Monosacáridos	Respiración	Isómeros
Polisacáridos	Dolor muscular	Cocina
Azúcares reductores	Energía	Textura de alimentos
Ciclo de Krebs	Leche	Célula
Nutrición	Endulzantes	
Diabetes	Sudor	

La funcionalidad de los lípidos

Lípidos: de protectores a mortales

La sociedad actual enfrenta grandes retos en temas como la salud. Algunas enfermedades como hipoglicemia, hiperglicemia, diabetes y problemas cardiovasculares causan gran preocupación debido a su impacto en la sociedad. Tal es así que en Colombia la enfermedad coronaria es la primera causa de muerte en población mayor de 45 años. Igualmente, existen varios factores relacionados con la alimentación asociados a estos problemas como el alto consumo de grasa saturada, ácidos grasos trans, colesterol, carbohidratos y sodio, entre otros, así como también el sedentarismo (Mora y Barrera, 2005).

- ¿Cuál es el papel de los lípidos en los procesos bioquímicos y qué incidencia real tienen en la salud?
- ¿Cuál sería la recomendación de dieta para una persona con problemas de colesterol?, ¿cómo lo sustentaría desde la bioquímica?

Actividades

Proponga algunas actividades para solucionar las preguntas anteriores.

Bibliografía

Mora, G. y Barrera, M. (2005). Dieta y enfermedad coronaria. *Revista de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia*, 53(2), 98-116.

Taller: bioquímica de los lípidos

Nombre:

Código:

A continuación encontrará una serie de conceptos que hacen parte del tópico lípidos. Elabore un mapa conceptual donde relacione la mayoría de conceptos que aparecen en la lista; incluya al menos tres conceptos que no están en la lista.

Lípidos	Enfermedad cardíaca	Aromas en alimentos
Grasas saturadas	Grasas animales	Cocina
Colesterol	Grasas vegetales	Textura de alimentos
Sabor en alimentos	Parámetros químicos	Energía
Metabolismo	Densidad	Protección
Ciclo de Krebs	Huevo	
Obesidad	Carne	

3. VALORACIÓN DE LOS MAPAS CONCEPTUALES

Tabla A3.1. *Valoración del mapa conceptual inicial (pretest)*

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NCNV	Puntaje NPE	Puntaje total (PT)	Valor VA
01	24	40	4	20	0	7	0	95	2,0
02	22	44	4	15	0	18	0	103	2,0
03	16	32	3	15	0	6	-8	64	1,0
04	22	36	4	21	0	12	0	95	2,0
05	12	16	3	5	0	0	-8	28	0,0
06	20	36	3	17	0	6	-8	74	1,0
07	16	24	3	14	0	14	-12	59	1,0
08	14	28	3	11	0	6	-8	54	1,0
09	12	24	3	8	0	4	-4	47	1,0
10	24	44	4	16	0	16	-8	96	2,0
11	26	48	4	14	0	16	-8	100	2,0
12	24	40	3	20	0	16	-8	95	2,0
13	22	44	4	19	0	18	-4	103	2,0
14	18	36	2	16	0	14	-8	78	1,0
15	26	48	4	15	0	12	-4	101	2,0
16	18	36	4	16	8	18	-4	96	2,0
17	22	44	4	14	0	16	-4	96	2,0
18	12	16	2	9	0	6	-8	37	0,0
19	26	48	3	11	0	12	-4	96	2,0
20	14	28	4	15	0	18	-12	67	1,0
21	28	52	4	10	0	24	-4	114	3,0
22	24	40	3	13	0	20	-4	96	2,0
23	26	44	4	12	0	18	-4	100	2,0
24	20	40	4	15	0	20	-4	95	2,0
25	30	52	4	11	0	18	-8	107	2,0
26	12	20	2	4	0	6	-8	36	0,0
27	16	28	3	8	0	34	-4	85	1,0
28	18	28	3	7	0	26	-4	78	1,0
29	20	40	4	14	0	24	-4	98	2,0
30	24	40	4	13	0	22	-8	95	2,0
31	18	36	4	21	0	22	-4	97	2,0
32	22	44	4	17	0	18	-8	97	2,0
33	20	40	4	16	0	24	-4	100	2,0

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NCNV	Puntaje NPE	Puntaje total (PT)	Valor VA
34	18	28	2	19	0	22	-4	85	1,0
35	16	32	3	15	0	16	-8	74	1,0
36	18	32	3	11	0	18	-12	70	1,0
37	10	16	2	9	0	10	-12	35	0,0
38	20	32	3	21	0	26	-4	98	2,0
39	12	20	2	9	0	6	-12	37	0,0
40	14	20	3	4	0	8	-12	37	0,0
41	24	36	4	31	4	16	-12	103	2,0
42	20	32	3	20	0	24	-4	95	2,0
43	22	40	3	17	0	18	-4	96	2,0
44	18	32	3	13	0	14	0	80	1,0
45	20	32	3	10	0	18	0	83	1,0
46	24	36	3	15	0	20	0	98	2,0
47	22	40	3	16	4	18	-8	95	2,0
48	24	40	3	15	0	22	-4	100	2,0
49	18	36	3	19	0	20	0	96	2,0
50	18	36	3	14	0	24	0	95	2,0
51	20	36	3	16	0	18	0	93	2,0
52	24	40	3	11	0	26	-4	100	2,0
53	20	40	3	10	0	26	-4	95	2,0
54	22	36	3	18	0	18	0	97	2,0
55	30	56	4	26	0	16	-4	128	3,0
56	28	48	4	10	0	22	-4	108	2,0
57	16	32	4	17	0	24	-4	89	1,0
58	20	32	3	13	0	20	0	88	1,0
59	24	40	3	13	0	22	-4	98	2,0
60	22	40	3	16	0	24	-4	101	2,0
61	18	36	3	16	0	18	0	91	1,0
62	16	32	3	19	0	16	0	86	1,0
63	28	52	3	12	0	14	-4	105	2,0
64	24	44	3	16	0	12	0	99	2,0
65	20	36	3	15	0	26	-4	96	2,0
66	22	36	3	12	0	22	0	95	2,0
67	32	56	4	9	0	14	-4	111	2,0
68	10	16	2	4	0	6	0	38	0,0
69	20	40	4	12	0	26	0	102	2,0

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NCNV	Puntaje NPE	Puntaje total (PT)	Valor VA
70	20	36	3	21	0	18	0	98	2,0
71	22	40	3	19	0	22	-4	102	2,0
72	18	36	4	21	0	24	0	103	2,0
73	24	40	3	18	0	18	0	103	2,0
74	30	52	3	12	0	14	-4	107	2,0
75	16	24	2	3	0	6	0	51	1,0
76	14	20	2	2	0	8	0	46	1,0
77	10	20	3	4	0	8	0	45	1,0
78	14	16	2	9	0	4	0	45	1,0
79	6	12	2	2	0	0	0	22	0,0
80	26	44	4	23	0	26	0	123	3,0
81	18	36	3	30	0	22	0	109	2,0
82	32	44	3	10	0	22	0	111	2,0
83	22	40	3	20	0	18	0	103	2,0
84	18	32	2	5	0	10	0	67	1,0
85	16	32	2	9	0	8	0	67	1,0
86	10	20	2	6	0	10	0	48	1,0
87	18	32	2	5	0	6	0	63	1,0
88	6	12	1	5	0	2	0	26	0,0
89	8	12	2	6	0	4	0	32	0,0
90	20	28	2	8	0	6	0	64	1,0
91	24	40	3	16	0	12	0	95	2,0
92	18	28	2	4	0	8	0	60	1,0
93	22	40	3	17	0	18	0	100	2,0
94	24	44	3	15	0	12	0	98	2,0
95	10	16	2	4	0	4	0	36	0,0
96	14	16	2	5	0	14	0	51	1,0
97	26	48	3	11	0	20	0	108	2,0
98	26	44	3	14	0	26	0	113	2,0
99	10	16	2	4	0	6	0	38	0,0
100	28	52	3	24	0	26	-4	129	3,0
101	20	40	2	9	0	26	0	97	2,0
102	28	52	2	13	0	18	0	113	2,0

Notas: NCPU: número de conceptos propuestos utilizados; NCPV: número de conceptos propuestos válidos; VJ: valoración jerárquica; NPV: número de proposiciones válidas; NRCV: número de relaciones cruzadas válidas; NCNV: número de conceptos nuevos válidos; NPE: número de proposiciones erradas; VA: valoración asignada.

Fuente: elaboración propia.

Tabla A3.2. *Valoración mapa conceptual final (postest)*

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NKNV	Puntaje NPE	Puntaje Total (PT)	Valor VA
01	36	68	4	40	4	16	-8	160	4,0
02	40	68	4	33	4	18	-8	159	4,0
03	40	72	5	37	8	20	-8	174	5,0
04	22	44	3	30	4	14	-12	105	2,0
05	34	64	4	29	8	10	-4	145	4,0
06	38	68	3	24	12	46	-4	187	5,0
07	38	72	4	36	8	18	-8	168	5,0
08	26	44	4	34	8	16	-8	124	3,0
09	36	64	4	39	8	18	-8	161	5,0
10	34	60	3	20	4	18	-12	127	3,0
11	30	60	4	18	4	16	-16	116	3,0
12	20	40	3	29	4	16	-8	104	2,0
13	40	76	4	42	12	22	-12	184	5,0
14	34	60	4	34	8	28	-8	160	4,0
15	36	64	4	34	8	18	-12	152	4,0
16	34	68	4	37	8	16	-8	159	4,0
17	36	68	4	28	8	20	-4	160	4,0
18	26	44	3	30	8	22	-8	125	3,0
19	26	44	3	29	4	26	-8	124	3,0
20	38	72	4	32	8	18	-12	160	4,0
21	40	72	4	35	12	22	-8	177	5,0
22	34	60	4	30	8	24	-12	148	4,0
23	36	68	4	35	12	18	-4	169	5,0
24	34	60	4	34	4	18	-12	142	4,0
25	40	76	4	43	12	24	-12	187	5,0
26	30	40	3	12	0	48	-28	105	2,0
27	20	40	4	49	4	50	-20	147	4,0
28	20	40	4	36	8	38	-4	142	4,0
29	24	44	4	30	4	24	-4	126	3,0
30	40	80	4	41	4	50	-8	211	5,0
31	18	36	4	23	12	22	-4	111	2,0
32	26	44	4	37	4	30	-8	137	4,0
33	32	52	4	33	4	32	-8	149	4,0
34	30	52	4	20	8	14	-8	120	3,0
35	34	64	4	27	8	16	-12	141	4,0

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NKNV	Puntaje NPE	Puntaje Total (PT)	Valor VA
36	38	68	4	30	8	28	-12	164	5,0
37	32	52	4	28	4	20	-8	132	3,0
38	22	44	3	35	4	22	-4	126	3,0
39	40	72	4	28	4	32	-8	172	5,0
40	38	68	4	33	4	26	-20	153	4,0
41	24	36	4	31	4	16	-12	103	2,0
42	36	68	4	37	8	22	-8	167	5,0
43	34	64	4	24	4	8	-20	118	3,0
44	34	60	4	38	8	26	-8	162	5,0
45	32	52	4	31	4	22	-16	129	3,0
46	34	60	4	25	4	14	-16	125	3,0
47	24	40	4	27	4	16	-12	103	2,0
48	34	64	4	32	4	22	-12	148	4,0
49	32	60	4	34	8	24	-12	150	4,0
50	34	60	4	25	8	20	-12	139	4,0
51	40	80	4	38	4	18	-16	168	5,0
52	26	48	4	29	4	18	-4	125	3,0
53	20	36	4	27	4	38	-4	125	3,0
54	40	68	4	39	8	42	-12	189	5,0
55	40	76	4	35	12	18	-4	181	5,0
56	34	64	4	34	8	22	-12	154	4,0
57	32	64	4	28	8	24	-8	152	4,0
58	40	76	4	37	8	26	-12	179	5,0
59	34	60	4	28	8	18	-4	148	4,0
60	40	68	4	31	8	26	-12	165	5,0
61	36	68	4	33	8	22	-12	159	4,0
62	40	76	4	37	12	24	-8	185	5,0
63	34	64	4	27	4	16	-8	141	4,0
64	40	72	4	31	8	28	-8	175	5,0
65	22	44	3	20	4	16	-4	105	2,0
66	34	44	3	10	4	8	-16	87	1,0
67	38	72	4	40	12	24	-12	178	5,0
68	32	48	4	15	0	22	-24	97	2,0
69	38	76	4	32	12	30	-8	184	5,0
70	22	40	4	32	8	20	-4	122	3,0
71	32	64	4	27	4	28	-4	155	4,0
72	36	64	4	44	16	54	-20	198	5,0

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NCNV	Puntaje NPE	Puntaje Total (PT)	Valor VA
73	40	76	4	30	4	16	-8	162	5,0
74	40	68	4	37	8	32	-16	173	5,0
75	40	76	4	37	8	36	-12	189	5,0
76	34	60	4	28	8	32	-8	158	4,0
77	40	72	4	40	8	42	-12	194	5,0
78	34	56	4	29	4	20	-8	139	4,0
79	36	72	4	30	20	8	-12	158	4,0
80	34	60	4	35	24	12	-8	161	5,0
81	18	36	4	30	20	42	-4	146	4,0
82	42	84	5	69	20	28	-32	216	5,0
83	32	52	4	30	4	18	-8	132	3,0
84	38	72	4	32	8	30	-24	160	4,0
85	42	84	5	69	20	28	-32	216	5,0
86	26	44	2	21	4	30	-4	123	3,0
87	20	40	3	21	4	16	0	104	2,0
88	24	40	3	25	4	22	-8	110	2,0
89	28	48	4	20	4	24	-8	120	3,0
90	42	68	2	12	0	10	-56	78	1,0
91	36	68	4	34	4	18	-8	156	4,0
92	38	68	4	40	12	18	-12	168	5,0
93	34	60	4	31	4	18	-8	143	4,0
94	30	56	4	24	8	30	-8	144	4,0
95	38	76	4	22	16	6	-4	158	4,0
96	34	56	4	44	12	34	-28	156	4,0
97	30	52	4	32	24	20	-12	150	4,0
98	18	36	5	60	12	46	0	177	5,0
99	36	68	4	42	4	26	-8	172	5,0
100	30	60	5	44	4	40	-4	179	5,0
101	38	72	4	35	4	18	-8	163	5,0
102	38	68	4	43	12	42	-12	195	5,0

Notas: NCPU: número de conceptos propuestos utilizados; NCPV: número de conceptos propuestos válidos; VJ: valoración jerárquica; NPV: número de proposiciones válidas; NRCV: número de relaciones cruzadas válidas; NCNV: número de conceptos nuevos válidos; NPE: número de proposiciones erradas; VA: valoración asignada.

Fuente: elaboración propia.

4. TABLAS ESTADÍSTICAS

Tabla A4.1. *Coefficientes para τ -b de Kendall*

	Significancia de Kendall					
	0,200	0,100	0,050	0,020	0,010	0,002
4	1,000	1,000	**	**	**	**
5	0,800	0,800	1,000	1,000	**	**
6	0,600	0,733	0,867	0,867	1,000	**
7	0,524	0,619	0,714	0,810	0,905	1,000
8	0,429	0,571	0,643	0,714	0,786	0,857
9	0,389	0,500	0,556	0,667	0,722	0,833
10	0,378	0,467	0,551	0,600	0,644	0,778
11	0,345	0,418	0,491	0,564	0,600	0,709
12	0,303	0,394	0,455	0,545	0,576	0,667
13	0,308	0,590	0,436	0,513	0,564	0,641
14	0,275	0,363	0,407	0,473	0,516	0,604
15	0,276	0,333	0,900	0,467	0,505	0,581
16	0,250	0,317	0,383	0,433	0,483	0,567
17	0,250	0,309	0,368	0,426	0,471	0,544
18	0,242	0,294	0,346	0,412	0,451	0,529
19	0,228	0,287	0,333	0,392	0,439	0,509
20	0,221	0,274	0,326	0,379	0,421	0,495
21	0,210	0,267	0,314	0,371	0,410	0,486
22	0,203	0,264	0,307	0,359	0,394	0,472
23	0,202	0,257	0,296	0,352	0,391	0,455
24	0,202	2,246	0,290	0,341	0,377	0,449
25	0,296	0,240	0,287	0,333	0,367	0,440
26	0,193	0,237	0,280	0,329	0,360	0,428
27	0,188	0,231	0,271	0,322	0,356	0,419
28	0,179	2,228	0,265	0,312	0,344	0,413
29	0,180	0,222	0,261	0,310	0,340	0,404
30	0,172	0,218	0,255	0,301	0,333	0,393

Fuente: Sierra (1985, p. 403).

Tabla A4.2. Coeficientes para ρ de Spearman

α (2)	0,50	0,20	0,10	0,05
α (1)	0,25	0,10	0,05	0,025
n				
4	0,600	1,000	1,000	
5	0,500	0,800	0,900	1,000
6	0,371	0,657	0,829	0,886
7	0,321	0,571	0,714	0,786
8	0,310	0,524	0,643	0,738
9	0,267	0,483	0,600	0,700
10	0,248	0,455	0,564	0,643
11	0,236	0,427	0,536	0,618
12	0,217	0,406	0,503	0,587
13	0,209	0,385	0,484	0,560
14	0,200	0,367	0,464	0,538
15	0,189	0,354	0,446	0,521
16	0,182	0,341	0,429	0,503
17	0,176	0,328	0,414	0,485
18	0,170	0,317	0,401	0,472
19	0,165	0,309	0,391	0,460
20	0,161	0,299	0,380	0,447
21	0,156	0,292	0,370	0,435
22	0,152	0,284	0,361	0,425
23	0,148	0,278	0,353	0,415
24	0,144	0,271	0,344	0,406
25	0,142	0,265	0,337	0,398
26	0,138	0,259	0,331	0,390
27	0,136	0,255	0,324	0,382
28	0,133	0,250	0,317	0,375
29	0,130	0,245	0,312	0,368
30	0,128	0,240	0,306	0,36

Fuente: Sierra (1985, p. 401).

REFERENCIAS

- Acevedo, D., Cavadia, S. y Alvis, A. (2015). Estilos de aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena (Colombia). *Formación Universitaria*, 8(4), 15-22.
- Adán, M. (2008). Los estilos de aprendizaje en la orientación y tutoría de bachillerato. *Revista Complutense de Educación*, 19(1), 59-76.
- Aguilar, L., Cid, I. y Cid, Y. (2013). Propuesta de productos de aprendizaje para la unidad de aprendizaje carbohidratos con enfoque basado en competencias. *Educación Química*, 24, 467-470.
- Aguilar, S. (2008). Alimentando a la nación: género y nutrición en México (1940-1960). *Revista de Estudios Sociales*, (29), 28-40.
- Alducin, J. y Vázquez, A. (2016). Autoevaluación de conocimientos previos y rendimiento según estilos de aprendizaje en un grado universitario de Edificación. *Formación Universitaria*, 9(2), 29-40.
- Alonso, C. (1992). *Estilos de aprendizaje: análisis y diagnóstico en estudiantes universitarios*. Universidad Complutense.
- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1997). *Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Ediciones Mensajero.
- Araya, N. (2014). Las habilidades del pensamiento y el aprendizaje significativo en matemática, de escolares de quinto grado en Costa Rica. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 14(2), 1-30.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Rinehart y Winston.
- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Paidós Ibérica s. A.

- Ayesha, N., Salem, R., Hamdan, N. y Ashour, N. (2013). Gender differences in learner styles and academic performance of medical students in Saudi Arabia. *Medical Teacher*, 35(s1), s78-s82.
- Bahamón, M., Vianchá, M., Alarcón, L. y Bohórquez, C. (2013). Estilos y estrategias de aprendizaje relacionados con logro académico en estudiantes universitarios. *Pen-samiento Psicológico*, 11(1), 115-129.
- Baldwin, B., Reckers, P. y Kolb, D. (1984). Exploring the role of learning style research in Accounting education policy. *Journal of Accounting Education*, 2(2), 63-76.
- Becker, K. (2001). *Principles and practice of endocrinology and methabolism* (3.^a ed.). Lippincott Williams y Wilkins.
- Berg, C., Bergendahl, C., Lundberg, B. y Tibell, L. (2003). Benefiting from an Open-Ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an Open-Inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351-372.
- Bertran, A. A. (2015, 12 de febrero). *Definición de proteína*. Enciclopediasalud.com. <http://www.enciclopediasalud.com/definiciones/proteina>
- Blanco, M., Hedrera, M., Dal Maso, M. y Orelli, L. (2008). Una nueva propuesta didáctica para la enseñanza universitaria de química orgánica. *Formación Universitaria*, 1(3), 21-26.
- Blumen, S., Rivero, C. y Guerrero, D. (2011). Universitarios en educación a distancia: estilos de aprendizaje y rendimiento académico. *Revista de Psicología*, 29(2), 227-243.
- Bolívar, J. y Rojas, F. (2008). Los estilos de aprendizaje y el locus de control en estudiantes que inician estudios superiores y su vinculación con el rendimiento académico. *Investigación y Postgrado*, 23(3), 199-215.
- Bruna, C., Madrid, V., López, V., Bordón, D., Chiang, M. y Cabanillas, A. (2014). Potencialidades y proyecciones de la implementación del mapa conceptual como estrategia de enseñanza-aprendizaje en bioquímica. *Educación Médica Superior*, 28(3), 482-497.
- Busquets, T., Silva, M. y Larrosa, P. (2016). Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales. Nuevas aproximaciones y desafíos. *Estudios Pedagógicos*, 42, 117-135.
- Calixto, R. y García, M. (2011). Concepciones alternativas de los profesores de biología. Una aproximación desde la investigación educativa. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 5(1), 13-23.
- Calvo, S. (1992). *Educación para la salud en la escuela*. Díaz Santos.
- Camarero, F., Martín, F. y Herrero, J. (2000). Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Psicothema*, 12(4), 615-622.
- Campanario, J. y Moya, A. (1999). ¿Como enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Campos, A. (2005). *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Cooperativa Editorial Magisterio.
- Cañal, P. y Porlan, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 89-96.

- Capella, R. y Coloma, M. (2003). *Estilos de aprendizaje*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica.
- Castillo, A., Ramírez, M. y González, M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Omnia*, 19(2), 11-24.
- Cea, M., Hernández, D., Salazar, M., Soto, I. y Matuz, D. (2014). El uso de escenarios clínicos y el aprendizaje de la bioquímica en alumnos de primer año de la carrera de medicina. *Investigación en Educación Médica*, 3(12), 187-192.
- Chrismar, A. (2005). *Identificación de los estilos de aprendizaje y propuesta de orientación pedagógica para estudiantes de la Universidad Austral de Chile* [tesis de maestría, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/egc932i/doc/egc932i.pdf>
- Cid, A. y Pérez, A. (2013). Las prácticas de enseñanza realizadas/observadas de los “mejores profesores” de la Universidad de Vigo. *Educación XXI*, 16(2), 265-296.
- Cisneros, A., Gómez, L. y García, E. (2004). *Manual de estilos de aprendizaje*. Secretaría de Educación Pública.
- Cope, C. (2006). *Beneath the surface: The experience of learning about information systems*. Informing Science Press.
- Coronel, M. y Curotto, M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 463-479.
- Cruz, D. (2001). *Enseñanza y aprendizaje en la educación superior: Un reto para el siglo XXI*. Universidad de Puerto Rico.
- Debilidades colombianas frente a la competencia global. (2005, 2 de febrero). *Noticias Financieras*. http://www.portafolio.com.co/port_secc_online/porta_edit_online/2005-02-02/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_PORTA-1959673.html
- Dönmez, N. y Ültay, N. (2016). Prospective Chemistry teacher's abilities of creating concept maps: Hydrocarbons example. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 58-67.
- Dukan, P. (2007). *Dieta Dukan*. www.dietadukan.es
- Elboj, C., Puigdemívol, I., Soler, M. y Valls, R. (2006). *Comunidades de aprendizaje, transformar la educación* (5.ª ed.). Graó.
- Escudero, R., Llinás, H., Obeso, V. y Rojas, C. (2005). Influencia de la tecnología en el aprendizaje de cálculo diferencial y estadística descriptiva. *Zona Próxima*, (6), 94-105.
- Escurra, L. (2011). Análisis psicométrico del Cuestionario de Honey y Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA) con los modelos de la teoría clásica de los test y de Rash. *Persona*, (14), 71-109.
- Eylon, B. S. y Linn, M. C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in Science education. *Review of Educational Research*, 58(3), 251-301.

- Felder, R. y Silverman, L. (1988). Learning and teaching style in Engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- Fleming, N. y Mills, C. (1992). Helping students understand how they learn. *The Teaching Professor*, 7(4).
- Freedman, R. y Stumof, S. (1980). Learning style theory: Less than meets the eye. *The Academy of Management Review*, 5(3), 445-447.
- Gaete, R. (2011). El juego de roles como estrategia de evaluación de aprendizajes universitarios. *Educación y Educadores*, 14(2), 289-307.
- Galagovsky, L. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229-240.
- Gallet, C. (1998). Problem-Solving teaching in the Chemistry laboratory: Leaving the cooks. *Journal of Chemical Education*, 75(1), 72-77.
- García, J. (2003). *Didáctica de las Ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Cooperativa Editorial Magisterio.
- García, J. y Rentería, E. (2011). Modelización de problemas para desarrollar habilidades de experimentación. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (29), 44-64.
- García, R. y Villalonga, M. (2006). Estrategia para la resolución de problemas en estudiantes de ingeniería química. *Revista Cubana de Química*, 18(2), 28.
- Garófalo, S., Galagovsky, L. y Alonso, M. (2014). Dificultades en el aprendizaje del metabolismo de los carbohidratos. Un estudio transversal. *Química Viva*, 13(1), 31-55.
- Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición, bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición*. Panamericana.
- Gil, D. y Martínez, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.
- Gil, D., Dumas, A., Caillot, M., Martínez, J. y Ramirez, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, (6), 3-20.
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez, J., Guisasola, J., González, E., Dumás-Carré, A., Goffard, M. y Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.
- Gok, T. (2014). Peer instruction in the Physics classroom: Effects on gender difference performance, conceptual learning, and problem solving. *Journal of Baltic Science Education*, 13(6), 776-788.
- Gómez, D., Oviedo, R., Gómez, A. y López, H. (2012). Estilos de aprendizaje en los estudiantes universitarios con base en el modelo de hemisferios cerebrales. *Revista Académica de Investigación*, (11), 1-23.
- Gómez, E., Jaimes, J. y Severiche, C. (2017). Estilos de aprendizaje en universitarios, modalidad de educación a distancia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (50), 384-393.

- Gómez, L., Aduna, A., García, E., Cisneros, A. y Padilla, J. (2004). *Manual de estilos de aprendizaje*. Secretaría de Educación Pública.
- González, A. (2001). *Los estilos de aprendizaje de los estudiantes y los estilos de enseñanza de los profesores: Hacia un modelo de concienciación* [tesis doctoral, Universidad de Puerto Rico]. Manuscrito inédito.
- González, F. (1991). *Nomenclatura de química orgánica*. Universidad de Murcia.
- González, F., Veloz, J., Rodríguez, I., Veloz, L., Guardian, B. y Ballester, A. (2012). Aplicación de mapas conceptuales en ingeniería en computación para evaluar aprendizaje significativo. *Revista de Docencia Universitaria*, 10(3), 459-475.
- Grasha, A. (2002). The dynamics of one-on-one teaching. *College Teaching*, 50(4), 139-146.
- Guanipa, M. y Mogollón, E. (2006). Estilos de aprendizaje y estrategias cognitivas en estudiantes de ingeniería. *Revista Ciencias de la Educación*, 1(27), 11-27.
- Guirado, A., Mazzitelli, C. y Maturano, C. (2013). La resolución de problemas en la formación del profesorado en ciencias: análisis de las opiniones y estrategias de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 821-835.
- Günter, T. y Alpat, S. (2017). The effects of problem based learning (PBL) on the academic achievement of students studying “electrochemistry”. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 78-98.
- Hay, D. B. (2007). Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 1(32), 39-57.
- Hernández, A., Jauregui, U. y Avilés, E. (2016). Uso de mapas conceptuales en la química analítica de la ingeniería metalúrgica. *Pedagogía Profesional*, 14(1), 1-8.
- Hernández, B. (2001). *Técnicas estadísticas de investigación social*. Díaz de Santos S.A.
- Hernández, R. (2013). *Los errores conceptuales de los alumnos de secundaria sobre la nutrición humana*. Tecnológico de Monterrey.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Herrera, M. (2010). *Estudio correlacional de los estilos de aprendizaje de estudiantes con modalidad en ciencias* [tesis de maestría no publicada, Universidad Pedagógica Nacional].
- Hewett, F. M. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. *California Medicine*, 99(6), 434.
- Honey, P. y Mumford, A. (1986). *The manual of learning styles*. Peter Honey Publications.
- Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63-85.
- Juárez, C., Rodríguez, G. y Luna, E. (2012). El cuestionario de estilos de aprendizaje CHAEA y la Escala de estrategias de aprendizaje ACRA como herramienta potencial para la tutoría académica. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 10(10), 1-31.

- Juárez, C. (2014). Propiedades psicométricas del cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje (CHAEA) en una muestra mexicana. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 7(2013), 136-154.
- Kolb, D., Rubin, I. y McIntyre, J. (1977). *Psicología de las organizaciones: problemas contemporáneos*. Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Kolb, D., Rubin, I., McIntyre, J., James, M. y Brignardello, L. (1974). *Psicología de las organizaciones: experiencias*. Prentice Hall-Hispanoamericana.
- Landau, L., Ricchi, G. y Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Educación Química*, 25(1), 21-29.
- Lavaggi, L., Couto, M., Rios, N., Ingolig, M., Croce, F., Álvarez, G., Cabrera, M., López, V., Cerecetto, H. y González, M. (2015). Uso de seminarios experimentales como apoyo al primer curso teórico de química orgánica. *Educación Química*, 26(3), 202-211.
- Legorreta, B. (2000). *Fundamentos teórico-metodológicos de la educación a distancia: estilos de aprendizaje*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Lizano, C., Arias, F., Cordero, E. y Ortiz, A. (2015). Relación entre estilo de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes de farmacia de la Universidad de Costa Rica. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 9(2), 49-63.
- López, A. y Morales, K. (2014). Estilos de aprendizaje y su transformación a lo largo de la trayectoria escolar. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 19(2).
- López, A. y Tamayo, O. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.
- López, J. (2013). *Atención a la diversidad y práctica educativa en educación secundaria obligatoria: una contribución a la identificación de los estilos de aprendizaje en función de las capacidades y aptitudes cognitivas, motivación, destrezas de aprendizaje* [tesis doctoral, Universidad de Murcia]. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/119648#page=1>.
- López, R. F. (1989). Dependencia-independencia de campo y educación científica. *Revista de Educación*, (289), 235-259.
- Luengo, R. y González, J. (2005). Relación entre los estilos de aprendizaje, el rendimiento en matemáticas y la elección de asignaturas optativas en alumnos de E.S.O. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 11(2), 147-165.
- Mainemelis, C., Boyatzis, B. y Kolb, D. (2002). Learning styles and adaptive flexibility. Testing Experimental Learning Theory. *Management Learning*, 33(1), 5-33.
- Manav, B. y Eceoglu, A. (2014). An analysis and evaluation on adopting Kolb's learning theory to interior design studio work. *International Journal of Academic Research*, 6(5), 153-158.
- Marín, T. y Alarcón, H. (2010). Influence of learning styles on conceptual learning of Physics. *Physics Educational Research Conference*, 217-220.
- Martín, V. y Rodríguez, M. (2003). Estilos de aprendizaje y grupos de edad: comparación entre dos muestras de estudiantes jóvenes y mayores. *Aula Abierta*, 82, 97-114.

- Martínez, M. e Ibáñez, M. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 193-206.
- Martínez, P. (2008). Estilos de aprendizaje: pautas metodológicas para trabajar en el aula. *Revista Complutense de Educación*, 19(1), 77-94.
- Mativo, J., Hill, R. y Godfrey, P. (2013). Effects of human factors in engineering and design for teaching Mathematics: A comparison study of online and face-to-face at a technical college. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(4), 36-44.
- Meneses, H. y Jiménez, M. (2013). *Estilos de aprendizaje y el desempeño académico de los estudiantes afrocolombianos* [tesis de maestría no publicada, Universidad de Sucre].
- Mora, G. y Barrera, M. (2005). Dieta y enfermedad coronaria. *Revista de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia*, 53(2), 98-116.
- Moreira, M. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Visor.
- Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, (6), 83-101.
- Moreira, M. y Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia y Educación*, 9(2), 301-315.
- Moya, M. (2008). *La utilización de los foros en la enseñanza de la matemática mediada por tecnología digital* [tesis de especialización, Universidad Nacional de la Plata]. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4166/Documento_completo_.pdf?sequence=1.
- Mukhopadhyay, R. (2013). Problem solving in Science learning - Some important considerations of a teacher. *Journal of Humanities and Social Science*, 8(6), 21-25.
- Muñoz, B. y Sánchez, L. (2001). *Los estilos de aprender: el portafolio de dimensiones educativas y sus variables de acción*. IESE PUBLISHING.
- Muñoz, B. y Silva, C. (2003, septiembre). Four dimensions to induce learning: The challenge profile. *IESE Business School*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.462282>
- Novak, J. D. (1987). *Proceedings of the Second International Seminar of the Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University.
- Novak, J. D. (1988). *Learning, creating and using knowledge*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. y Gowin, D. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Ocampo, F., Guzmán, A., Camarena, P. y De Luna, R. (2014). Identificación de estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(61), 401-429.
- Ornelas, D. (2007, noviembre). El uso del foro de discusión virtual en la enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, (44), 4-10.

- Ouasri, A. (2017). A study of Moroccan pupils' difficulties at second baccalaureat year in solving Chemistry problems relating to the reactivity of ethanoate ions and to copper - aluminium cells. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 737-748.
- Oviedo, P., Cárdenas, F., Zapata, P., Rendón, M., Rojas, Y. y Figueroa, L. (2010). Estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje: implicaciones para la educación por ciclos. *Revista Actualidades Pedagógicas*, (55), 31-43.
- Palacios, J. y Carretero, M. (1982). Implicaciones educativas de los estilos cognitivos. *Infancia y Aprendizaje*, (18), 83-106.
- Pedroza, H. y Dicovskyi, L. (2007). *Sistema de análisis estadístico con SPSS*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Perales, F. (1993). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.
- Perales, F. y Cañal, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Editorial Marfil.
- Pérez, A. (2010). Aprender a educar. Nuevos desafíos para la formación de docentes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (68), 37-60.
- Polanco, M. (2011). Resolución de situaciones problemas en la enseñanza de las ciencias: un estudio de análisis. *Revista EDUCyT*, 4, 123-138.
- Pozo, J. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata.
- Pozo, J. (1999). *Aprendices y maestros*. Alianza.
- Pozo, J., Pérez, M., Domínguez, J., Gómez, M. y Postigo, Y. (1994). *La solución de problemas*. Santillana.
- Quintanal, F. (2012). Relación entre estilos de aprendizaje y rendimiento escolar en física y química de secundaria. *Vivat Academia*, (117), 678-695.
- Ramírez, E. (2013). El modelo de resolución de problemas en una perspectiva de investigación como práctica social normada. *Tecná, Episteme y Didaxis*, (34), 91-102.
- Randles, C. y Overton, T. (2015). Expert vs. novice: Approaches used by chemists when solving open-ended problems. *Chemistry Education Research and Practice*, (16), 811-823.
- Repice, M., Keith, R., Hogrebe, M., Brown, P., Luesse, S., Gealy, D. y Frey, R.. (2016). Talking through the problems: a study of discourse in peer-led small groups. *Chemistry Education Research and Practice*, (17), 555-568.
- Rey, F. (2008). *Utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo del alumno universitario en ciencias con independencia de su conocimiento de la metodología* [tesis doctoral, Universitat Ramon Llull]. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9267/Utilizacion_de_los_mapas_conceptuales_como_herramienta_evaluadora_del_aprendizaje_significati.pdf?sequence=1
- Ríos, R. y Maldonado, E. (2017). Relación entre los estilos de aprendizaje y las teorías de enseñanza. *Retos*, (32), 7-13.

- Rodríguez, L., Aguirre, I., Granados, J. y Valdez, O. (2010). Un modelo pedagógico para la enseñanza y aprendizaje de física experimental básica. *Revista Cubana de Física*, 27(2A), 163-166.
- Rodríguez, P. M. (2004). La teoría del aprendizaje significativo. En *Concepts maps: Theory, methodology, technology. Proceedings of the Firts International Conference on Concept Mapping*. Eds. Pamplona.
- Ross, P., Tronson, D. y Ritchie, R. (2008, marzo). Increasing conceptual understanding of glycolysis y the Krebs cycle using role-play. *The American Biology Teacher*, 70(3), 163-168.
- Ruiz, C. (2004). *Creatividad y estilos de aprendizaje* [tesis doctoral, Universidad de Málaga]. <http://www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/tesisuma/16703947.pdf>
- Salfranca, L., Sierra, V., Núñez, M., Solanas, A. y Leiva, D. (2005). *Análisis estadístico mediante aplicaciones informáticas. spss, Atatgraphics, Minitab y Excel*. Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Sánchez, I., Moreira, M. y Caballero, C. (2009). Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas. *Igeniare, Revista Chilena de Ingeniería*, 17(1), 27-41.
- Schrödinger, E. (1984). *¿Que es la vida?* Tusquets.
- Sepúlveda, M., López, M., Torres, P., Luengo, J., Montero, E. y Contreras, E. (2011). Diferencias de género en el rendimiento académico y en el perfil de los estilos y de estrategias de aprendizaje en estudiantes de química y farmacia de la Universidad de Concepción. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 4(7). <http://revistaestilosdeaprendizaje.com/article/view/926>
- Sierra, R. (1985). *Tecnicas de investigación social. Teoría y ejercicios*. Paraninfo.
- Sigüenza, A. y Sáez, M. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 223-230.
- Silva, R. (2011). *La enseñanza de la física mediante un aprendizaje significativo y cooperativo en blended learning* [tesis doctoral, Universidad de Burgos]. <https://riubu.ubu.es/handle/10259/167>
- Simón, V. (2011). Diversidad de estilos de aprendizaje en el aula de música de eso. *Ensayos*, (26), 179-195.
- Steinmann, A., Bosch, B. y Aiassa, D. (2013). Motivación y expectativas de los estudiantes por aprender ciencias en la universidad. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18(57), 585-598.
- Stevens, S., Shin, N. y Peek, D. (2013). Learning progressions as a guide for developing meaningful science learning: A new framework for old ideas. *Educación Química*, 381-390.
- Surapaneni, K. y Tekian, A. (2013). Concept mapping enhances learning of biochemistry. *Medical Education Online*, (18), 1-4
- Swimmer, J. y Brooks, D. (directores). (2008). *NatGeo Ciencia de la Obesidad* [Película].

- Teijón, J., Garrido, A., Blanco, D., Villaverde, C., Mendoza, C. y Ramírez, J. (2009). *Fundamentos de bioquímica metabólica* (3.ª ed.). Tébar.
- Trujillo, J. y Auduriz, A. (2002). El modelo de aprendizaje de Ausubel como soporte teórico para conceptualizar la teletutorización. *Journal of science education*, 3(2), 87-90.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2011). *Bioquímica*. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201103/201103/leccin_10_clasificacin_y__propiedades_fisicoquimicas.html
- Valenzuela, G., Maya, J. y González, A. (2011). Predomina el estilo reflexivo en estudiantes de la Licenciatura en Derecho de la Universidad de Sonora, México. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 8(8), 1-44.
- Valle, A. y Barca, A. (1993). Aprendizaje significativo y enfoques del aprendizaje: el papel del alumno en el proceso de construcción de conocimientos. *Revista Ciencias de la Educación*, (156), 481-502.
- Varela, M. (2014). *Relación entre los estilos de aprendizaje y los niveles de creatividad motriz en los estudiantes de la institución educativa las delicias del Municipio de El Bagre* [tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/2774>
- Varela, M. (2002). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos* [tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/2240/>
- Varela, M. P. y Martínez, M. M. (1997). Investigar y aprender resolviendo problemas de física. *Revista Española de Física*, 11(2), 32-37.
- Vullo, D. (2014). El desafío de enseñar y aprender metabolismo en cursos de grado. *Química Viva*, (1), 18-30.
- Williams, B., Brown, T. y Etherington, J. (2012). Learning styles of undergraduate Nutrition and Dietetics students. *Journal Allied Health*, 41(4), 170-176.
- Yuh-Shiow, L., Wen-Pin, Y., Ching-Fang, L., Sue-Hevi, S. y Bao-Huan, Y. (2014). An exploratory study of the relationship between learning styles and academic performance among students in different Nursing programs. *Contemporary Nurse*, 48(2), 229-239.
- Yuriev, E., Naidu, S., Schembri, L. y Short, J. (2017, 6 de mayo). Scaffolding the development of problem solving skills in chemistry: guiding novice students out of dead ends and false starts. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), 486-504.
- Zapata, C. P. (2010). Estilos cognitivos, de aprendizaje y de enseñanza: unas relaciones controvertidas. *Revista Actualidades Pedagógicas*, (55), 45-58.

ESTILOS DE APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA:
EL AULA COMO UN SISTEMA CUANTIZABLE,
EDITADO POR LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL,
FUE COMPUESTO EN CARACTERES DE LA FUENTE Y FAMILIA TIPOGRÁFICA GEORGIA,
E IMPRESO EN LOS TALLERES DE Xpress Estudio Gráfico y Digital S. A. S./KIMPRES

BOGOTÁ, COLOMBIA, 2021