



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

**INMUNNIDAD: MODELIZACIÓN EN ESTUDIANTES
UNIVERSITARIOS**

Ana Milena López Rúa

Mayo de 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

Tesis de maestría

**INMUNIDAD: MODELIZACIÓN EN ESTUDIANTES
UNIVERSITARIOS**

Investigación realizada dentro del marco de la maestría en enseñanza de las ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales, por Ana Milena López Rúa, bajo la dirección del Ph.D. Óscar Eugenio Tamayo Alzate.

Manizales, mayo de 2015

Ana Milena López Rúa

Dr. Óscar Eugenio Tamayo Alzate

A Dios y a mi familia

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios por las bendiciones derramadas en mi vida, porque en su infinita sabiduría me iluminó y me ha guiado siempre. Gracias por darme la familia, los amigos y profesores que me han acompañado en el trasegar de la vida y porque hoy gracias a ellos podré obtener mi título de maestría.

Gracias a mi familia porque siempre han sido un apoyo incondicional y me alentaron a seguir adelante en los momentos difíciles. No tengo palabras para agradecer y describir su amor, lealtad y solidaridad.

Mi querido profesor Oscar Tamayo, gracias por los momentos que te dedicaste a trabajar a mi lado, a tu experiencia, a tus conocimientos, pero sobre todo a tu tono humano, respetuoso, amable y siempre cálido que me hizo sentir escuchada y valorada como estudiante. Gracias por la paciencia, la confianza depositada en mí y por apoyarme en los momentos difíciles.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la profesora Mary Orrego Cardozo quien dedicó gran parte de su tiempo a compartir sus saberes y experiencias. Gracias por los conocimientos adquiridos y por acompañarme en este largo camino.

A todos mis maestros de la Universidad Autónoma de Manizales por sus enseñanzas, porque aportaron desde lo académico a mi formación como profesional y como persona. ¡Muchas gracias!

Gracias a mis compañeros y amigos, quienes estuvieron a mi lado incondicionalmente y cuyas palabras me animaron a continuar. Gracias por su invaluable amistad.

Tabla de contenido

<i>Introducción</i>	11
1. Planteamiento del problema	15
1.1. Justificación	15
1.2. Planteamiento del Problema	16
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
2. Marco teórico	20
2.1. Introducción	20
2.2. Representaciones semióticas	21
2.3. Importancia de las representaciones para la enseñanza y el aprendizaje	23
2.4. Las ideas previas: un tipo de representación	24
2.5. Origen de las concepciones alternativas	28
2.6. De las concepciones alternativas a los modelos mentales	29
2.7. La Modelización en la Didáctica de las Ciencias	35
2.8. Caracterización de los modelos explicativos en inmunidad	36
2.8.1. Desarrollo histórico de la inmunidad	37
2.8.1.1. Modelo sobrenatural	38
2.8.1.2. Modelo del desequilibrio o teoría de la expulsión de la inmunidad adquirida	39
2.8.1.3. Modelo de la teoría miasmática	40
2.8.1.3.1. Una teoría de la distensión: la iatrofísica	40
2.8.1.4. Modelo clásico	41
2.8.1.5. Modelo pre-científico	42
2.8.1.6. Modelo científico	43
2.9. Importancia de la enseñanza de la inmunología en el contexto universitario	46

2.10. El lenguaje en ciencias naturales	48
2.11. El significado del texto: del análisis de contenido hacia el análisis del discurso	50
3. Metodología	53
3.1. Metodología de la investigación	53
3.2. Diseño de la investigación	53
3.3. Unidad de trabajo	56
3.4. Diseño metodológico	56
3.5. Categorías de análisis	58
3.5.1. Aspectos epistemológicos	58
3.5.2. Aspectos ontológicos	59
3.5.3. Aspectos cognitivo-lingüísticos	60
3.5.3.1. Coherencia	60
3.5.3.2. Estructura del discurso	60
3.6. Técnicas para recoger la información	61
3.7. Técnicas de análisis de la información	61
4. Análisis y discusión	63
4.1. Categoría de análisis: Análisis epistemológico	64
4.1.1. Subcategoría fagocitosis	64
4.1.1.1. Modelo científico de la subcategoría fagocitosis	66
4.1.1.2. Modelo Clásico de la subcategoría fagocitosis	70
4.1.2. Subcategoría inflamación	71
4.1.2.1. Modelo científico de la subcategoría inflamación	74
4.1.2.1.1. Inflamación dolor – enrojecimiento - temperatura	75
4.1.2.1.2. Relación hinchazón - respuesta - reacción	77
4.1.2.1.3. Relación hinchazón – enrojecimiento- aumento de temperatura - dolor	78
4.1.2.1.4. Relación hinchazón - vasoconstricción	80

4.1.2.1.5. Inmunidad de edad _____	80
4.1.2.2. Modelo Clásico de la subcategoría inflamación _____	83
4.1.3. Subcategoría inmunidad natural _____	83
4.1.3.1. Modelo científico de la subcategoría inmunidad natural _____	85
4.1.3.1.1. Inmunidad natural _____	86
4.1.3.1.1.1. Inmunidad de especie _____	86
4.1.3.1.1.2. Inmunidad de raza _____	87
4.1.3.1.1.3. Barreras naturales _____	88
4.1.3.1.2. Defensas _____	89
4.1.3.1.3. Inmunidad adquirida- transmisión- infección- colonización de microorganismos _____	89
4.1.3.1.3.1. Transmisión- infección _____	90
4.1.3.1.3.2. Colonización de microorganismos _____	91
4.1.3.1.3.3. Enfermedad contagiosa _____	92
4.1.3.1.3.4. Vacunas _____	93
4.1.3.1.3.5. Anticuerpos _____	94
4.1.3.2. Modelo clásico de la subcategoría inmunidad natural _____	94
4.1.4. Subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa _____	96
4.1.4.1. Modelo clásico de la subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa _____	99
4.1.4.2. Modelo pre-científico de la subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa _____	100
4.1.4.3. Modelo científico de la subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa _____	102
4.1.4.3.1. Defensas - leche materna - mecanismos de defensa- resistencia _____	104
4.1.4.3.2. Calostro - leche materna - anticuerpos e inmunidad adquirida _____	105
4.1.4.3.3. Vacunación _____	106
4.1.4.3.4. Vacunación - prevenir enfermedades _____	107
4.1.4.3.5. Vacunación-bioseguridad _____	108
4.1.4.3.6. Vacunación-exposición a patógenos _____	109
4.1.4.3.7. Vacunación-aplicación personal _____	110
4.1.4.3.8. Enfermedad - inmunidad adquirida- resistencia adquirida - memoria _____	110

4.1.4.3.9. Enfermedad-malaria-virus de la malaria-mosquito-vector de transmisión	112
4.1.4.3.10. Enfermedad-SIDA-virus del sida	113
4.1.4.3.11. Virus del SIDA - células sanguíneas- linfocitos- eritrocitos	115
4.1.5. Subcategoría receptores	116
4.1.5.1. Modelo científico de la subcategoría receptores	118
4.1.6. Características de los modelos explicativos encontrados	121
El desarrollo histórico de la inmunología nos ha permitido identificar seis modelos explicativos, relacionados con la respuesta del sistema inmune frente a las amenazas de los microagresores, que corresponden a la forma cómo ha evolucionado la inmunidad en determinados momentos de la historia.	121
4.1.6.1. Modelo clásico	121
4.1.6.2. Modelo pre-científico	122
4.1.6.3. Modelo científico	123
4.1.7. Conclusiones preliminares	125
4.2. Categoría de análisis: Análisis ontológico	126
4.2.1. Análisis descriptivo de los aspectos ontológicos	126
4.2.2. Análisis interpretativo	131
4.2.2.1. Análisis interpretativo sobre las concepciones espontáneas	131
Concepciones Hinchazón como manifestación de dolor	133
Concepciones sobre las relaciones virus – contagio – colonización de microorganismos	134
Concepciones sobre la vacuna como independencia, autocuidado y autoestima	137
Concepciones sobre el acné – pus - adolescencia- poros infectados	138
4.2.2.2. Análisis interpretativo sobre las concepciones transmitidas o inducidas	140
4.2.2.2.1. Concepciones sociales o culturales	141
<i>La leche materna produce inmunidad duradera</i>	143
<i>A los niños les da fiebre frecuentemente</i>	145
<i>La resistencia es una cuestión de piel</i>	145
<i>El contagio en la época de la conquista española</i>	148
<i>SIDA – contagio – VIH – muerte</i>	149

a) <i>Mecanismos de transmisión del VIH</i>	149
b) <i>Disminución de defensas causan la muerte</i>	151
<i>La varicela se sufre una vez en la vida</i>	152
4.2.2.2.2. Concepciones escolares	152
4.2.2.2.2.1. Modelo pre-científico	154
4.2.2.2.2.2. Modelo científico	155
<i>Vasoconstricción provoca inflamación</i>	158
<i>La bioseguridad disminuye el riesgo de enfermedades.</i>	158
<i>La inmunidad y los factores genéticos</i>	159
<i>Inmunidad de especie</i>	160
<i>Las barreras naturales disminuyen el riesgo de infecciones</i>	161
4.2.2.3. Análisis interpretativo sobre las concepciones analógicas	162
<i>Atacar</i>	163
<i>Combatir</i>	164
<i>Defender</i>	165
<i>Batallar</i>	166
<i>Guerra</i>	166
4.2.3. Conclusiones preliminares	167
4.3. Categoría de análisis: Análisis cognitivo-lingüístico	168
4.3.1. Coherencia discursiva	169
4.3.1.1. Modelo clásico	169
4.3.1.2. Modelo pre-científico	173
4.3.1.3. Modelo científico	177
4.3.1.4. Otras respuestas utilizadas para el análisis de la coherencia discursiva	183
4.3.2. Estructura del discurso	184
4.3.3. Conclusiones preliminares	190
4.4. Modelos mentales característicos en los estudiantes universitarios	191
4.4.1. Modelo mental 1	192
En el MM1 el sistema inmune se explica de una forma analógica, las explicaciones no llegan a nivel celular ni molecular. Se asignan funciones de ataque a lo que ellos	

llaman defensas, las cuales no especifican; es decir, si son linfocitos o a quiénes se refieren. _____	194
4.4.2. Modelo mental 2 _____	195
4.4.3. Modelo mental 3 _____	198
4.4.4. Conclusiones preliminares _____	202
5. Conclusiones e implicaciones didácticas _____	204
5.1. Sobre los modelos mentales _____	204
5.2. Sobre el análisis epistemológico _____	206
5.3. Sobre el análisis ontológico _____	207
5.4. Sobre el análisis cognitivo-lingüístico _____	208
5.5. Algunos obstáculos encontrados _____	209
5.6. Sobre la metodología _____	210
Referencias bibliográficas _____	211
Anexos _____	222
Anexo 1 _____	222

Lista de tablas

Tabla 1. Origen de las concepciones alternativas (Pozo y Gómez, 1998).....	28
Tabla 2. Modelos explicativos relacionados con la inmunidad (Silverstein, 2009, Iglesias-Gamarra, A., Siachoque, H., Pons-Estel, B., Restrepo, J.F., Quintana L.G. y Gómez, G.A., 2009).....	37
Tabla 3. Principales acontecimientos históricos del modelo explicativo científico de la inmunidad.	46
Tabla 4. Ideas centrales de la coherencia local y la coherencia global (van Dijk, 1992).	52
Tabla 5. Tipo de conectores empleados para el análisis del discurso.....	61
Tabla 6. Algunas preguntas empleadas para recoger los datos.	61

Tabla 7. Características de la inmunidad adquirida.....	97
Tabla 8. Características del modelo explicativo científico de la inmunidad, identificado a partir de las oraciones con sentido empleadas por los estudiantes universitarios.	124
Tabla 9. Resumen porcentual de las principales concepciones encontradas.	129
Tabla 10. Algunos ejemplos de reglas heurísticas o asociativas en las concepciones espontáneas (Pozo et al., 1991, Pozo y Gómez, 1998).....	136
Tabla 11. Número de ideas del texto P2.E14., y su significado desde la inmunidad.	170
Tabla 12. Número de ideas del texto P14.E32., y su significado desde la inmunidad.	171
Tabla 13. Número de ideas del texto P10.E25., y su significado en la inmunidad.	172
Tabla 14. Número de ideas del texto P14.E3., y su significado desde la inmunidad.	173
Tabla 15. Número de ideas del texto P14.E6., y su significado para la inmunidad.	175
Tabla 16. Número de ideas del texto P14.E26., y su significado desde la inmunidad.	176
Tabla 17. Número de ideas del texto P18.E25., y su significado para la inmunidad.	178
Tabla 18. Número de ideas del texto P19.E26., y su significado desde la inmunidad.	179
Tabla 19. Número de ideas del texto P3.E22., y su significado desde la inmunidad.	180
Tabla 20. Tipo de conectores empleados por los estudiantes en su discurso acerca de la inmunidad.	189
Tabla 21. Caracterización del MM1 que sugiere conocimientos superficiales acerca de la inmunidad.	194
Tabla 22. Caracterización del MM2 que sugiere algunos conocimientos sobre la inmunidad, aunque no a nivel molecular.....	197
Tabla 23. Caracterización del MM3 que sugiere el uso de conceptos propios de la inmunología, pero de manera superficial.	201

Lista de figuras

Figura 1. Analogía de ideas previas y modelos mentales en el iceberg, en la que se presentan estos últimos como las ideas más internas y difíciles de caracterizar.....	30
Figura 2. Mapa conceptual sobre la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Rodríguez, 2000).....	31

Figura 3. Propuesta para el estudio de los modelos mentales desde una perspectiva multidimensional (Tamayo, 2001).	34
Figura 4. Diseño general de la investigación en el que se destacan las diferentes fases....	55
Figura 5. Diseño metodológico de la investigación.	57
Figura 6. Aspectos analizados dentro de cada una de las categorías de análisis.....	58
Figura 7. Red semántica en la que se representan de manera general los conceptos asociados a la subcategoría fagocitosis.	65
Figura 8. Red semántica sobre la subcategoría inflamación.	73
Figura 9. Red semántica de la subcategoría inmunidad natural.	84
Figura 10. Red semántica en la que se representan de manera general los conceptos asociados a la subcategoría inmunidad adquirida.	98
Figura 11. Red semántica de la subcategoría receptores.	117
Figura 12. Características del modelo explicativo clásico encontrado en las explicaciones empleadas por los estudiantes.....	122
Figura 13. Características del modelo explicativo pre-científico encontrado en las explicaciones empleadas por los estudiantes.....	123
Figura 14. Red semántica de la subcategoría concepciones espontáneas.	132
Figura 15. Red semántica de la subcategoría concepciones inducidas por la cultura.	142
Figura 16. Red semántica de la subcategoría concepciones inducidas por la escuela.	153
Figura 17. Tipología de respuestas encontradas en el modelo científico.	157
Figura 18. Coherencia discursiva de los estudiantes universitarios sobre el campo conceptual de la inmunología (tomada y adaptada de Tamayo, 2001). C.L.: Coherencia local o lineal.....	182
Figura 19. Tipología de discurso escrito encontrado en estudiantes universitarios.	190
Figura 20. Esquema general para el estudio de los modelos mentales (Tamayo, 2001)...	191
Figura 21. Resultados encontrados durante el estudio de las categorías de análisis.	192
Figura 22. Características generales del modelo mental 1 (MM1).	193
Figura 23. Características generales del modelo mental 2 (MM2).	195
Figura 24. Características generales del modelo mental 3 (MM3).	199

Lista de gráficas

Gráfica 1. Concepciones inducidas encontradas en los estudiantes universitarios.	130
Gráfica 2. Distribución porcentual de los principales tipos de conectores encontrados en los textos escritos, realizados por los estudiantes.....	185

Introducción

Introducción

En la actualidad, se reconoce el importante papel que cumplen las representaciones que construyen los sujetos sobre el mundo y cómo éstas influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, las representaciones son consideradas como cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que representan algo del mundo exterior o del mundo interior (Tamayo, 2006); es decir, lo que percibimos del mundo lo representamos en nuestra mente. Las representaciones pueden ser externas o internas; las primeras son de carácter público y producidas por la acción, intencionada o no, de las personas. Las representaciones internas son de carácter individual y ocupan un lugar en la mente de los sujetos; éstas permiten mirar el objeto en ausencia total del significante perceptible; pueden ser conceptos, nociones, creencias, fantasías, guiones, modelos mentales, imágenes, entre otras (Orrego, López y Tamayo, 2012).

El interés creciente de los investigadores en el campo de la didáctica de las ciencias por enfocar su trabajo hacia la construcción de las representaciones, se debe al hecho que conocerlas permite interpretar los conocimientos que los sujetos tienen en su mente, en función de comprenderlas y no sólo describirlas. En esa línea, consideramos que las representaciones nos pueden orientar a comprender la forma como los sujetos representan en su mente el mundo, cómo lo perciben y, por ende, cómo actúan en él.

Por una parte, el uso de las representaciones no se circunscribe a ambientes específicos, las empleamos para la resolución de cualquier problema, bien sea este del ámbito educativo, familiar o laboral; para ello ponemos en juego diferentes formatos para representar la información según la complejidad del problema, nuestra experiencia, los propósitos de la

inferencia, y nuestra habilidad para utilizar inteligentemente los códigos de representación (Riviere, 1986, citado por Tamayo, 2013).

Al respecto, y sobre las representaciones mentales internas, Rodríguez-Palmero, Marrero y Moreira, (2001) plantean:

“Los modelos mentales como formas de abordar el estudio de las representaciones se han convertido en la actualidad en un referente obligado por cuanto la investigación educativa ha ido dejando clara la necesidad de tratar el conocimiento del que dispone el estudiante y que trae al aula desde una perspectiva psicológica. Dadas las dificultades de conceptualización y de aprendizaje que la práctica docente y la propia investigación reflejan, se hace imprescindible buscar otros modos de entender lo que ocurre en los procesos y eventos educativos y para ello hemos de recurrir a la forma según la cual la información que la escuela ofrece se procesa; es por ello por lo que tenemos que procurar comprensión al respecto, tenemos que ser capaces de explicar y de predecir qué es lo que ocurre con nuestros estudiantes y para ello es ineludible descender al terreno psicológico, a la psicología de la cognición. Es desde esta perspectiva desde donde aparecen los modelos mentales como mecanismos para comprender la manera según la cual se generan las representaciones mentales y una de esas posibilidades la ofrece la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (1983, 1990, 1993).” (p. 243).

Nos interesa centrar nuestra atención en el papel que juegan los modelos mentales de los estudiantes, como un tipo de representación (Johnson-Laird 1983, Nersessian 2008), en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, entender cómo se construyen y, re-construyen.

Los estudios pioneros realizados sobre los modelos mentales desde la didáctica de las ciencias se orientaron a describir los modelos explicativos que tenían los estudiantes en dominios específicos del conocimiento, bien desde una perspectiva centrada en conocimientos intuitivos, o en otras derivadas de procesos de enseñanza (Tamayo y Sanmartí, 2002); en uno y otro caso la dimensión central constituyente del modelo explicativo era la conceptual. Actualmente, las investigaciones sobre este tema se orientan en función de caracterizar y comprender los modelos mentales y, para ello es indispensable

su estudio desde perspectivas multidimensionales que abarquen dimensiones como la conceptual, afectiva, lingüística, metacognitiva, sociocultural, entre otras (Tamayo, 2001), pues sólo a la luz de estos aspectos se puede comprender cómo los sujetos representan el mundo en su mente, cómo las usan – en determinados contextos – y cómo cambian.

De lo anterior podemos decir, entonces, que los modelos mentales actúan como un puente entre las teorías científicas y el mundo tal como es experimentado (Gilbert, 2002, citado por Felipe, Gallarreta y Merino, 2005).

El estudio de los modelos mentales en la enseñanza de las ciencias se ha propuesto como estrategia de enseñanza y de aprendizaje que, en una de sus múltiples vertientes teóricas, dio origen a la línea de investigación denominada, enseñanza y aprendizaje basado en modelos (Gilbert, Boulter and Elmer 2000, Clement and Rea-Ramírez, 2008, Nersessian 2008).

La presente investigación tuvo como propósito, identificar y comprender los diferentes modelos de los estudiantes frente a los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores. Se propuso la caracterización de estos modelos desde un estudio multidisciplinar que integró aspectos epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos.

Para ello, en primera instancia realizamos un sondeo sobre la importancia de las representaciones en la enseñanza de las ciencias. Asimismo, exploramos la historia de la inmunología como ciencia y, a partir de allí, identificamos 6 modelos explicativos: sobrenatural, del desequilibrio, teoría miasmática, clásico, pre-científico y científico, relacionados con la respuesta inmune.

La segunda parte de este trabajo precisa aspectos metodológicos, así como el análisis y discusión de los datos. El estudio fue cualitativo comprensivo y nos permitió identificar, caracterizar y comprender las representaciones mentales de los estudiantes universitarios

El análisis epistemológico nos llevó en un primer momento al ámbito histórico de la inmunología, con el propósito de identificar los diferentes modelos explicativos que se han construido en el tiempo hasta la actualidad. A partir de las respuestas de los estudiantes, los ubicamos en tres diferentes paradigmas de la inmunidad: clásico, pre-científico y científico.

Posterior al análisis conceptual, pasamos a analizar la dimensión ontológica, desde la perspectiva de las concepciones que tienen los estudiantes sobre el concepto indagado. El análisis ontológico evalúa la forma como un estudiante percibe la naturaleza de las cosas que está estudiando (Tamayo y Sanmartí, 2003). Esta categoría se analizó a la luz de los planteamientos de Pozo y Gómez (1998) sobre las concepciones alternativas y su origen-sensorial, social o escolar-.

Sobre el análisis cognitivo-lingüístico, exploramos en los textos de los estudiantes su estructura y coherencia discursiva y, su exigencia conceptual.

En la última parte, se presentan las principales conclusiones derivadas de la investigación y los aportes de ésta a la didáctica de las ciencias.

Capítulo 1

Planteamiento del problema

1.1. Justificación

Los últimos 30 años han sido especialmente fructíferos en el campo de la didáctica de las ciencias, todo gracias a los desarrollos teóricos y metodológicos que han permitido cualificar los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación básica y media. Sin embargo, la educación universitaria ha estado, de alguna manera, al margen de estos desarrollos e incluso se ha afirmado en la enseñanza universitaria, que para enseñar bien, es suficiente el saber disciplinar (Orrego y Tamayo, 2013).

Giordan y de Vicchi (1995) afirman que diferentes investigaciones han permitido determinar que después de la escolaridad, en la estructura mental de los estudiantes persisten muchas concepciones alternativas las cuales no reflejan el logro de aprendizajes profundos en la escuela. Esta situación se da también en el contexto universitario.

En esta misma línea, el estudio de los modelos mentales en la didáctica de las ciencias no es nuevo, encontramos diversos estudios en matemáticas, física y biología. Sin embargo, estos estudios, en su mayoría, se han hecho con niños, jóvenes y profesores, dejando de lado la educación universitaria.

En este marco general nos proponemos investigar los modelos elaborados sobre los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores en estudiantes de segundo semestre del programa de odontología de la Universidad Autónoma de Manizales, conscientes de que su estudio aportará a la

consolidación de la investigación en didáctica de las ciencias básicas en el ámbito universitario.

1.2. Planteamiento del Problema

Giere (1988) y Nersessian (1992) consideran que la ciencia es el resultado de la actividad humana, compleja y difícil de describir, en la que los científicos proponen teorías que explican los fenómenos estudiados. Ellos, elaboran modelos teóricos que intentan mostrar la realidad, ajustándose a los fenómenos. En cambio, los modelos mentales de los sujetos – distintos a los científicos -, reflejan sus creencias y percepciones personales sobre el mundo y, en ocasiones, pueden estar alejados de la realidad.

Actualmente en el campo de la didáctica de las ciencias se le concede especial relevancia al estudio de las representaciones y al papel que éstas juegan en el aprendizaje de las ciencias y, de igual manera, aquellos estudios que profundizan en los diferentes tipos de interacciones que se producen entre las representaciones de los estudiantes y las de los profesores (Orrego y Tamayo, 2013). El estudio de los modelos mentales ha sido llevado al aula de clases de ciencias por los didactas, al considerar que apoya la formación en filosofía e historia de las ciencias, y que beneficia la comprensión sobre el alcance y las limitaciones de los modelos teóricos de la ciencia.

En la didáctica de las ciencias se han realizado muchos estudios sobre los modelos que tienen los profesores de ciencias, en especial los profesores principiantes, en cuanto a los problemas que tienen los docentes para el reconocimiento de la actividad de modelización en ciencias. El conocimiento sobre los modelos y la modelización en ciencias se ha aprovechado también como base para producir propuestas de formación de profesores, que intentan modificar una realidad cada vez más presente en los pocos estudios que hasta la actualidad se han adelantado y que tiene que ver con el modo acrítico como estos modelos son abordados y suelen ser empleados en el aula (Rojas, 2007).

En la enseñanza de las ciencias naturales se han realizado diversos estudios para identificar los modelos que tienen los estudiantes acerca de diferentes conceptos (Tamayo, 2009, Tamayo y Sanmartí, 2007) y se ha llegado a determinar que después de la escolaridad, persisten en ellos las concepciones alternativas adquiridas en diferentes contextos de acuerdo a las experiencias de la vida cotidiana y de sus vivencias en la escuela (Giordan y de Vecchi, 1995). La mayoría de los estudios para identificar los modelos se han realizado en niños y niñas en edad escolar y en jóvenes de la educación secundaria, pero pocos investigadores han incursionado en el nivel universitario.

Además de lo anterior, los estudios sobre las representaciones mentales de los estudiantes en el área de las ciencias son amplios en la actualidad. Son estudios que avanzan en el conocimiento del contenido de las representaciones mentales de los estudiantes en temas específicos del conocimiento (Tamayo y Sanmartí, 2002).

Cuando nos enfrentamos a la enseñanza de diferentes conceptos en estudiantes universitarios, después de la escolaridad primaria y secundaria, observamos que llegan a la universidad con concepciones alternativas que pueden o no obstaculizar el aprendizaje en profundidad de conceptos científicos; por ejemplo, en el área de la biología molecular y la bioquímica, las concepciones alternativas acerca de respiración, energía, microorganismo y virus, entre muchos otros (Orrego y Tamayo, 2013).

Por otro lado, los temas relacionados con la inmunología son de especial relevancia para los estudios de pregrado de áreas de la salud, donde deben aprender acerca de la prevención, el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Serrano, Robinson, Castellanos y Guevara (2005), consideran que la enseñanza de las ciencias actual debe transformarse en las carreras del área de la salud, pues esta aún es incompleta y se escatiman muchos esfuerzos en abordar solo contenidos.

Además de lo anterior, se considera que la inmunología en el contexto universitario, aún presenta muchos problemas, pues esta se considera insuficiente para responder a las demandas de la medicina actual.

A partir de los anteriores planteamientos proponemos los siguientes cuestionamientos orientadores de la investigación:

1. ¿Cuáles son los modelos mentales que tienen estudiantes universitarios de odontología sobre los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores y cómo se caracterizan?
2. ¿Cómo aportan los aspectos cognitivo-lingüísticos, ontológicos y epistemológicos a la elaboración de los modelos mentales de estudiantes universitarios acerca de los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar y comprender los modelos mentales de estudiantes de biología molecular sobre los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los modelos explicativos sobre los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune en estudiantes universitarios.

- Establecer el aporte de los aspectos cognitivo-lingüísticos, ontológicos y epistemológicos en la elaboración de modelos mentales de estudiantes universitarios sobre algunos mecanismos inmunológicos.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Introducción

La creciente atención que en los últimos años ha captado la producción e interpretación de representaciones internas, ha llegado al ámbito de la enseñanza de las ciencias y las matemáticas debido a su alto potencial en cuanto a su incorporación de manera consciente e intencionada en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. En la actualidad un grupo importante de investigadores en didáctica de las ciencias se ocupa en comprender la forma como estas representaciones se construyen, evolucionan e influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Tamayo, 2006).

Proponemos el estudio de los modelos, como un tipo de representación interna, desde una perspectiva que integre aspectos epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos, lo que permite una mayor comprensión de cómo los sujetos interpretan el mundo y actúan en él, dependiendo del contexto.

En el primer apartado presentamos un panorama general sobre las representaciones en la enseñanza de las ciencias; cómo se han convertido en puntos de interés obligados para proponer acciones de enseñanza, en función de superar los obstáculos frente al aprendizaje de conceptos científicos y de comprender la lógica de pensamiento de los sujetos que las construyen. Posteriormente presentamos la importancia de las representaciones en la investigación en enseñanza de las ciencias, sus características y forma como se construyen. Asimismo, hacemos un tránsito de las ideas previas hacia los modelos mentales, explicando la diferencia entre una y otra, llegando a explicitar que nos interesa el estudio de los modelos mentales porque, dada su complejidad, se constituyen en las representaciones más

profundas de los estudiantes y por lo tanto, son más difíciles de caracterizar y de cambiar como producto de los procesos de enseñanza.

Dentro del marco de los modelos mentales explicamos los aspectos que los caracterizan y en qué perspectiva nos ubicamos para su estudio. Asimismo, establecemos la importancia de modelizar el pensamiento de los estudiantes para comprender cómo operan sus representaciones externas e internas.

En el tercer apartado, presentamos un rastreo histórico de lo que ha sido la inmunología y cómo ha llegado a consolidarse como campo de conocimiento; a la luz de este sondeo, establecemos los modelos explicativos relacionados con la respuesta inmune; es decir, los paradigmas centrales de la inmunidad.

Por último, destacamos la importancia del lenguaje para la didáctica de las ciencias, así como su estudio a través del análisis del discurso escrito de los estudiantes. Dentro de esta perspectiva resaltamos el valor de comprender la coherencia y la estructura del discurso, a fin de comprender el rol de los aspectos lingüísticos en la construcción de los modelos mentales.

2.2. Representaciones semióticas

Tamayo (2006) manifiesta que desde la perspectiva de las ciencias cognitivas las representaciones son consideradas como cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que representan algo del mundo exterior o interior. Estas representaciones son construidas por científicos – en este caso se trataría de una teoría científica - o por cualquier otro sujeto – aquí se trataría de una teoría intuitiva acerca del mundo -. Podemos representar en nuestra mente todo lo que nos rodea y percibimos con los sentidos, pero también podemos representar algo que imaginamos sin necesariamente verlo o sentirlo.

En esa misma línea, Tamayo (2013) manifiesta que:

“Al igual que encontramos representaciones externas, producidas en gran medida por la acción intencionada de las personas, podemos referirnos a las representaciones internas como a aquellas representaciones que “ocupan un lugar” en la mente de los sujetos. Las representaciones internas, mentales, nos permiten mirar el objeto en ausencia total del significante perceptible, pueden ser conceptos, nociones, creencias, fantasías, guiones, modelos mentales, imágenes, entre otras.” (pp. 3845).

Por su parte, Duval (2009), expresa que las representaciones mentales y las externas no pueden verse como dominios diferentes, dado que el desarrollo de las representaciones mentales se produce como una interiorización de las representaciones externas y, en tanto las representaciones de un objeto se puedan exteriorizar de varias formas – textos, gráficos, fórmulas, entre otros – aumenta la capacidad cognitiva del sujeto y, por ende, sus representaciones mentales.

Las representaciones semióticas hacen referencia a las diferentes formas que los sujetos tienen para exteriorizar sus representaciones mentales para que sean *visibles* para otros. Orrego y Tamayo (2013) manifiestan que las representaciones semióticas incluyen diferentes sistemas de escritura, tales como, números, notaciones simbólicas, representaciones tridimensionales, gráficas, redes, diagramas, esquemas, entre otros. Cumplen funciones de comunicación, expresión, objetivación y tratamiento.

Duval (2004:14) afirma que para lograr el aprendizaje, el estudiante debe recurrir a varios registros de representación semiótica – gráficos, símbolos, íconos, lenguaje natural, tablas, entre otros – y, así hace alusión a dos conceptos ineludibles para el aprendizaje: semiosis y noesis. La primera se refiere a la producción de una representación semiótica y, la segunda a los actos cognitivos como la aprehensión conceptual de un objeto; es decir, *“no hay noesis sin semiosis”*. Esto implica que no se puede aprender un concepto sin pasar por el tratamiento y conversión de diferentes registros de representación semiótica, o en palabras de Tamayo (2006), es la semiosis la que determina las condiciones de posibilidad de la

noesis. En otras palabras, es el proceso de producción de representaciones externas el que hace posible comprender y ganar claridad acerca de la representación mental interna.

2.3. Importancia de las representaciones para la enseñanza y el aprendizaje

Dentro del campo de la didáctica de las ciencias el estudio de las representaciones se ha vuelto indispensable para determinar el papel que éstas juegan en el aprendizaje, así como la interacción de esas representaciones con las de los profesores. Es decir, de qué manera las representaciones de los estudiantes se modifican o evolucionan y en qué medida, las representaciones que trae consigo el maestro, influyen en la forma como los estudiantes representan el mundo, los objetos y los fenómenos en su mente.

Un problema fundamental en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es conocer cómo los sujetos representan en su mente su conocimiento sobre el mundo, cómo operan con esas representaciones y cómo pueden construirse, re-construirse y cambiar en diferentes contextos (Tamayo y Sanmartí, 2007). Desde este punto de vista, es claro que las personas tienen construcciones personales que surgen de la interacción de los individuos con su entorno y que dependen de su experiencia personal, edad, cultura, facultades cognitivas, entre otros.

En la didáctica de las ciencias, sin lugar a dudas uno de los aportes históricamente más significativo que involucra el concepto de representación fue introducido, por Viennot y Driver en las décadas de los 70s y 80s, conocido bajo el nombre de Concepciones Alternativas (Orrego y Tamayo, 2013) y del cual hay un amplio conjunto de sinónimos dentro de los que se destaca, por su generalizado empleo, el de ideas previas, al cual nos referiremos a continuación.

2.4. Las ideas previas¹: un tipo de representación

Orrego y Tamayo, (2013) expresan:

“A partir de los planteamientos de diferentes autores, entre ellos, Viennot (1979), Driver (1973), Pfundt y Duit (1994), Duit (1993) y Martínez (1998) se define idea previa como aquellas concepciones o representaciones que traen los estudiantes antes de adquirir un conocimiento formal; entendido este último, como el conocimiento que abarca el entendimiento y comprensión de los conceptos científicos. Las ideas previas pueden ser adquiridas por los estudiantes en contextos bien sea culturales, familiares, escolares o sociales, entre otros. Éstas no deben considerarse como ideas erróneas; por este motivo, es importante que el maestro las identifique con el propósito de planear las diferentes actividades de enseñanza, enmarcadas en las unidades didácticas, orientadoras al logro de aprendizajes en profundidad en el campo y, en última instancia, a la formación de pensamiento crítico disciplinar.”(pp. 9).

Desde las ciencias cognitivas y su relación con la educación y, de manera particular con la didáctica de las ciencias, las ideas previas han sido un tema de gran importancia en el análisis de los procesos de transformación del conocimiento, pues resulta obvio que cualquier conocimiento cambia a partir de otro anterior.

Desde hace más de 30 años, a partir de los trabajos pioneros de Driver y Viennot, maestros e investigadores vienen describiendo las ideas previas de los estudiantes de ciencias. Para cada uno de los conceptos de biología, geología, química y física, han podido identificarse representaciones frecuentes que atraviesan a menudo la formación escolar, sin ser modificadas a pesar de los esfuerzos de la enseñanza científica (Astolfi, 1998).

Las ideas previas no son innatas, sólo forman parte de las representaciones que los niños y niñas van construyendo en interacción con el mundo, las elaboran desde las evidencias que perciben del mundo que los rodea, y desde las experiencias recibidas en la vida cotidiana.

¹ En el marco de esta investigación entendemos ideas previas y concepciones alternativas como sinónimo.

Para Carretero (1997:6), las ideas previas tienen ciertas características:

- a. Son específicas de dominio.
- b. En muchas ocasiones están guiadas por la percepción y experiencia de los estudiantes.
- c. Son construcciones personales.
- d. Son de carácter implícito; es decir, difíciles de verbalizar.
- e. Quienes las poseen consideran que son coherentes.
- f. Son resistentes al cambio.

Por su parte, Mora y Herrera (2009) presentan algunas de las principales características de las ideas previas:

- a. Se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas.
- b. Son de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos las personas no son conscientes de sus ideas y explicaciones.
- c. Por lo general, se encuentran indiferenciadas de otros conceptos por lo que presentan confusiones cuando son aplicadas a situaciones específicas.
- d. La mayoría son elaboradas a partir de un razonamiento causal directo (el cambio en un efecto es directamente proporcional al cambio en su causa).
- e. Las ideas previas en una misma persona pueden ser contradictorias cuando se aplican a contextos diferentes.
- f. Son persistentes; es decir, no se modifican fácilmente (Pozo y Carretero, 1987) por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia, incluso cuando la instrucción es reiterada.
- g. Guardan cierta semejanza con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia.
- h. Se originan a partir de las experiencias de las personas con relación a fenómenos cotidianos, a la correspondencia de interpretación con sus pares y a la enseñanza que se ha recibido en la escuela.
- i. Interfieren con la instrucción científica.
- j. Parecen dotadas de cierta coherencia interna.

Flores y Gallegos (1998) proponen una clasificación de las ideas previas: a) constrictores (las que regulan la interpretación de los fenómenos) y b) fenomenológicas (las que establecen condiciones iniciales y reglas de relación entre los conceptos). Aunque no existe una clasificación aceptada universalmente, se puede concluir que no todas las ideas previas cumplen con la misma función en relación a la representación e interpretación de los fenómenos naturales y los conceptos científicos (Chamizo, Sosa y Zepeda, 2005).

En algunos de los estudios realizados desde la década de los 70s se ha confirmado con abundantes datos, que los estudiantes tienen teorías personales implícitas (Pozo, 1992) y que tal conocimiento previo es un factor relevante para el aprendizaje de las teorías científicas.

El campo de las concepciones alternativas se ha convertido en una de las líneas de investigación más importantes para el desarrollo de la didáctica de las ciencias como disciplina científica. Las tesis de doctorado de Rosalyn Driver en 1973 y Viennot en 1979 dieron comienzo a una era llamada “*Movimiento de Concepciones alternativas*”, allí se evidenció la importancia del reconocimiento de las ideas de los estudiantes y el rol que éstas juegan en los aprendizajes posteriores.

Actualmente se han dado numerosos nombres a estas construcciones personales, lo que depende de los autores y su postura teórica frente a la construcción del conocimiento. Sin embargo, se utiliza el término concepciones alternativas por ser altamente aceptado y adoptado por bastantes investigadores y porque, de alguna manera, expresa mejor que otras denominaciones la naturaleza del conocimiento expresado por los sujetos, el cual en virtud de lo experiencial, no es considerado erróneo (Driver y Easley, 1978; Hewson, 1985; Viennot, 1979; White y Tisher, 1986, citados por Pozo, 1993).

Las personas se basan en lo perceptible, ofreciendo una visión parcial de los fenómenos; en otras palabras, cuando los estudiantes encuentran una respuesta que puede ser plausible para el problema que se le presenta, no ponen en juego otros conocimientos que puedan

contradecirla, sino que sólo elaboran sus respuestas con base en observaciones superficiales (Tamayo, 2009), un claro ejemplo de esto es que las personas confundan masa con peso o calor con temperatura.

En la mayoría de los casos son de naturaleza inconsciente; es decir, implícitas, lo que se ve reflejado en su dificultad para expresarlas verbalmente; son conceptos estables y duraderos, presentes explícitamente en la memoria de los estudiantes, que en muchos casos, los educandos construirían *ad hoc* o sobre la marcha para responder a ciertas tareas o demandas (Pozo, 1993).

Tamayo (2009:93) plantea que una razón que explica el importante desarrollo de la investigación sobre las concepciones alternativas surgió como rechazo al auge de la enseñanza por transmisión de conocimientos. Desde ese punto de vista, los conceptos se enseñaban, y aún se enseñan, de manera completamente estructurada y en íntima relación con la estructura lógica del concepto enseñado, dando poca importancia a la experiencia y conocimientos previos de los estudiantes. En consecuencia con esta forma de enseñar, los estudiantes mezclan sus ideas espontáneas sobre diferentes conceptos con lo que se les enseña en la escuela, lo que implica que no se establecen diferencias entre el conocimiento científico y el cotidiano.

Partiendo de lo anterior, los procesos de enseñanza tradicional, basados en transmisión del conocimiento, se han dedicado a orientar conocimiento científico sin tener en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes ni la intención de transformarlas o hacer que evolucionen; por esa razón, las ideas previas terminan imponiéndose sobre las ideas científicas.

Por una parte, una de las limitaciones del movimiento de las concepciones alternativas ha sido su dedicación a la proliferación de análisis descriptivos de las concepciones alternativas de los estudiantes, prestando poca atención al problema de la representación del

conocimiento previo; lo que sugiere que el estudio de las representaciones se hace en gran medida desde aspectos conceptuales (Tamayo, 2009).

Por otra parte, los estudios de las concepciones se han realizado en áreas como la biología y la química; sin embargo, se encuentran diferencias en torno a las concepciones en física, debido a que estas son las primeras que se desarrollan a partir de la frecuente y temprana interacción del sujeto con el mundo físico, por ello se construyen concepciones acerca del movimiento, de la flotación y muchas de ellas permanecen aún después del conocimiento escolar.

2.5. Origen de las concepciones alternativas

Pozo y Gómez (1998), establecen que las concepciones alternativas se diferencian en su origen y a partir de allí se pueden caracterizar como se muestra en la tabla 1:

Concepciones espontáneas	Concepciones inducidas	Concepciones analógicas
Se forman en el intento de dar significado a las actividades cotidianas.	Son creencias inducidas debido a procesos de socialización.	Se derivan de las comparaciones que se realizan con hechos de la vida cotidiana.
Se forman por las percepciones sensoriales que tienen las personas acerca del mundo que les rodea y de hechos de la vida cotidiana.	Se originan en el entorno social del estudiante, al éste asimilar las creencias, la cultura y el lenguaje. Juega un papel importante la escuela, donde los estudiantes adquieren concepciones derivadas de la enseñanza.	Se originan cuando el estudiante trata de asimilar el conocimiento científico de forma analógica con el conocimiento cotidiano; es decir, los modelos científicos se mezclan con referentes comunes.
Ideas de salud y enfermedad son muy comunes en esta caracterización, pues se apoyan en reglas que les permiten describir secuencias probables de acontecimientos.	Ciertas ideas sobre la salud y el modelo de contagio en la transmisión de enfermedades, son reflejo de la cultura, los medios de comunicación o la sociedad.	Son útiles para dar significado al dominio nuevo que se les presenta y son un reflejo de la enseñanza que se les imparte.

Tabla 1. Origen de las concepciones alternativas (Pozo y Gómez, 1998).

Es así como a través de las vías sensorial, cultural o escolar, los estudiantes adquieren concepciones alternativas tan resistentes al cambio. Pozo, *et al.* 1991, no pretenden establecer que estas concepciones se dan por separado, sino que están íntimamente ligadas, pues las analogías deben formarse a partir de concepciones existentes y las concepciones socialmente inducidas deben asimilarse en función de los conocimientos previos, donde influyen indudablemente las concepciones espontáneas.

2.6. De las concepciones alternativas a los modelos mentales

No podemos obviar la importancia de las concepciones alternativas para comprender la forma como los estudiantes construyen el conocimiento; sin embargo, las investigaciones sobre estas concepciones se centran en gran medida en aspectos conceptuales. Además, hacen referencia a puntos muy específicos de la realidad, imposibilitando una comprensión más holística sobre el proceso de aprendizaje de los conceptos científicos (Tamayo, 2009). Por esa razón, sugerimos que el estudio de la formación de conocimiento científico desde los modelos mentales, ofrece una visión más integral de la forma como los sujetos representan el mundo en su mente y, asimismo, cómo usan los modelos mentales para interactuar en sus contextos.

En 1983 se publicó el libro “*Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*”, escrito por Philip Johnson-Laird. En ese momento, se identificó una problemática fundamental y común para las ciencias cognitivas y la didáctica de las ciencias: indagar cómo los sujetos representan internamente su conocimiento sobre el mundo. El calificativo “modelo mental” sugirió cierta potencialidad en el desarrollo de aplicaciones educativas y llamó la atención por trascender las explicaciones piagetianas del momento. Para Johnson-Laird (1991), un modelo mental tiene tres características principales:

- a. Un modelo mental representa el referente de un discurso.
- b. La representación lingüística inicial de un discurso captura el significado de ese discurso.
- c. Un discurso es juzgado como cierto si incluye como mínimo un modelo del mundo real.

Las concepciones alternativas al ser un conocimiento intuitivo de naturaleza interna, son apenas la punta de un iceberg que se asoma por encima de la superficie del agua (Oliva, 1999). Así, que al explorar sólo concepciones alternativas, es posible que se evidencie una indeterminación entre las respuestas encontradas y lo que realmente hay de fondo (Dykstra et al., 1992, citado por Oliva, 1999; Rodríguez-Palmero, et al., 2001). La figura 1, ilustra esta idea:

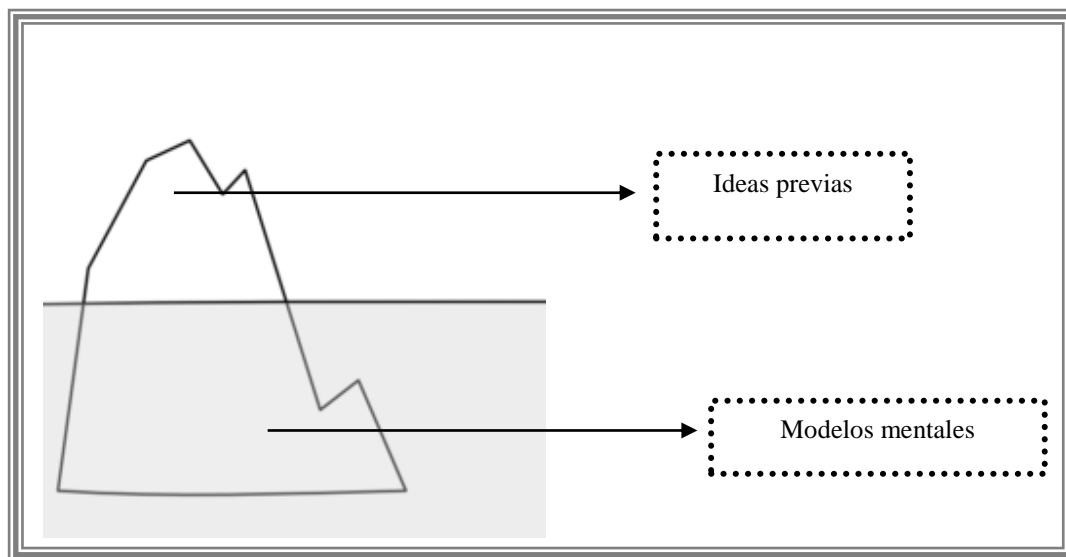


Figura 1. Analogía de ideas previas y modelos mentales en el iceberg, en la que se presentan estos últimos como las ideas más internas y difíciles de caracterizar.

En la misma línea que la anterior, Moreira (1997) expresa que los modelos mentales son internos. Son implícitos y no pueden explorarse directamente, sino investigarse indirectamente a través de los modelos conceptuales con los cuales las personas se comunican, simbólicamente o pictóricamente.

Rodríguez-Palmero (2000), por su parte, presenta el siguiente mapa conceptual para sintetizar el concepto de modelos mentales de Johnson-Laird:

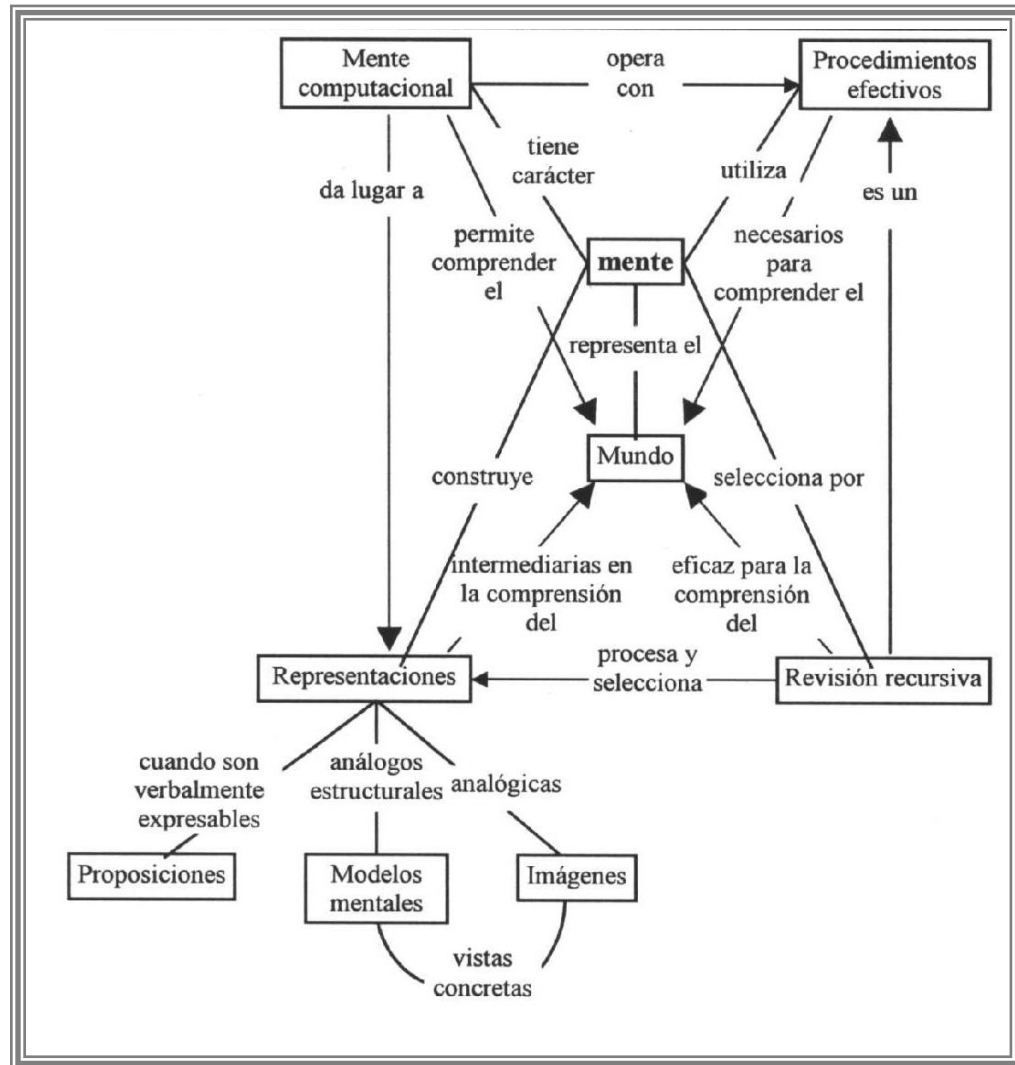


Figura 2. Mapa conceptual sobre la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Rodríguez, 2000).

Los modelos mentales de las personas reflejan sus creencias sobre el sistema, en tal sentido, debe existir correspondencia entre el modelo mental construido por el sujeto y el mundo real al cual este modelo hace referencia. En este mismo sentido, es importante destacar que los modelos mentales son dinámicos, incompletos, inespecíficos, parsimoniosos y evolucionan permanentemente al interactuar con el contexto. Independientemente de estas características los modelos mentales pueden ser usados de forma adecuada por los sujetos en los contextos en los que ellos se desenvuelven (Johnson-Laird, 1983, Norman, 1983,

Vosniadou, 1992, 1997, citados por Orrego, López y Tamayo et al., 2012).

Los estudios pioneros realizados sobre los modelos mentales desde la didáctica de las ciencias estuvieron orientados a conocer cuáles eran las representaciones internas que tenían los alumnos en dominios específicos del conocimiento, tanto los que hacían referencia a conocimientos de orden intuitivo como los adquiridos mediante la enseñanza (Tamayo, 2013). Sin embargo, actualmente, el estudio sobre modelos mentales se ha orientado a la comprensión sobre su construcción, uso y cambio en diferentes contextos.

Sobre el estudio de modelos mentales en la didáctica de las ciencias, podemos citar algunos trabajos en diversos dominios del conocimiento: el movimiento de los objetos (de Kleer y Brown, 1983), circuitos eléctricos (Gentner y Gentner, 1983), electromagnetismo (Greca y Moreira, 1996), *cambio químico* (Gutiérrez, 1996; Solsona, 1997; Khan, 2008), *movimiento de la tierra* (Vosniadou y Brewer, 1994). *De manera específica en el campo de la biología encontramos aportes en sistema nervioso* (Serrano, 1992), *bioenergética* (Tamayo, 1999, 2001; Tamayo y Sanmartí, 2007), *respiración* (Grosbois et al., 1991; Vuala, 1991; Núñez y Banet, 1996), *cadena respiratoria* (Königsberg, 1999), y *de manera general sobre la evolución de modelos en biología en Núñez-Oviedo et al. (2008)* (citados por Orrego, López y Tamayo, 2013).

Para Stephen Toulmin (1977) los pensamientos y concepciones personales de un individuo son “representaciones internas” y, se diferencian de las “representaciones externas”, en cuanto a que las segundas son aquellas que se utilizan para explicar un fenómeno; es decir, para exponerlo públicamente ya sea a través de gráficos, diagramas, cálculos, entre otros.

Moreira, Greca y Rodríguez-Palmero (2002) comparten con Toulmin los anteriores planteamientos, aunque su enfoque es psicológico y no epistemológico como el de Toulmin. Señalan que desde la época en la que aparece el término modelo mental, éste ha recibido diferentes interpretaciones: preconcepciones, teorías ingenuas, concepciones

alternativas, entre otras, pero el modelo mental debe entenderse como algo totalmente diferente a estas acepciones.

De las varias formas representacionales propuestas por las ciencias cognitivas, el constructo modelo mental (conjuntamente con los conceptos de modelo conceptual y modelización) es el que ha recibido la preferencia de los investigadores en enseñanza de las Ciencias, tal como puede observarse a partir del número creciente de artículos que a ese respecto están siendo publicados en las principales revistas del área (Krapas et al., 1997, citado por Moreira, et al., 2002: 37).

Johnson-Laird (1983) distingue entre tres tipos de representaciones: representaciones proposicionales (cadenas de símbolos, que pueden ser expresadas verbalmente), modelos mentales (análogos estructurales del mundo) e imágenes (perspectivas de un modelo mental); todas ellas necesarias para poder explicar las diferentes formas en las que las personas razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo.

Aponte (2008) expresa tres características esenciales de los modelos mentales:

- “1. Los modelos mentales son muy complejos; tienen muchas veces una estructura modular o jerárquica, de tal manera que el operador humano puede considerar la estructura global del sistema y luego descomponerla en subsistemas separados [...]*
- 2. Los modelos son dinámicos: su estructura y sus propiedades evolucionan con el tiempo. [...]*
- 3. Los modelos explicitan las relaciones causales entre los diferentes componentes del sistema.”*
(pp. 26).

Norman, (1983) identifica tres aspectos centrales en la funcionalidad de los modelos mentales, estos son:

- a. Sistema de creencias: reflejan las creencias de las personas sobre lo que están representando en su mente.
- b. Observabilidad: el modelo mental debe corresponder con la realidad que el sujeto está representando.
- c. Poder predictivo: permite anticipar y predecir el comportamiento de la realidad que se está representando.

Los modelos mentales son incompletos e inestables, en la medida que las personas olvidan detalles de sus modelos – o suelen descartarlos –; además, no son científicos, pues reflejan las creencias de los sujetos que los construyen (Norman, 1983). También son parsimoniosos y funcionales. Independientemente de estas características comunes de los modelos mentales, pueden ser usados siempre de forma adecuada (Norman, 1983; Johnson-Laird, 1983; Vosniadou y Brewer 1992; Vosniadou, 1997, citados por Tamayo, 2001).

Tamayo (2001), propone el estudio de los modelos mentales desde una perspectiva multidimensional que integre aportes conceptuales, lingüísticos, metacognitivos, ontológicos y motivacionales, los cuales se representan en la figura 3:

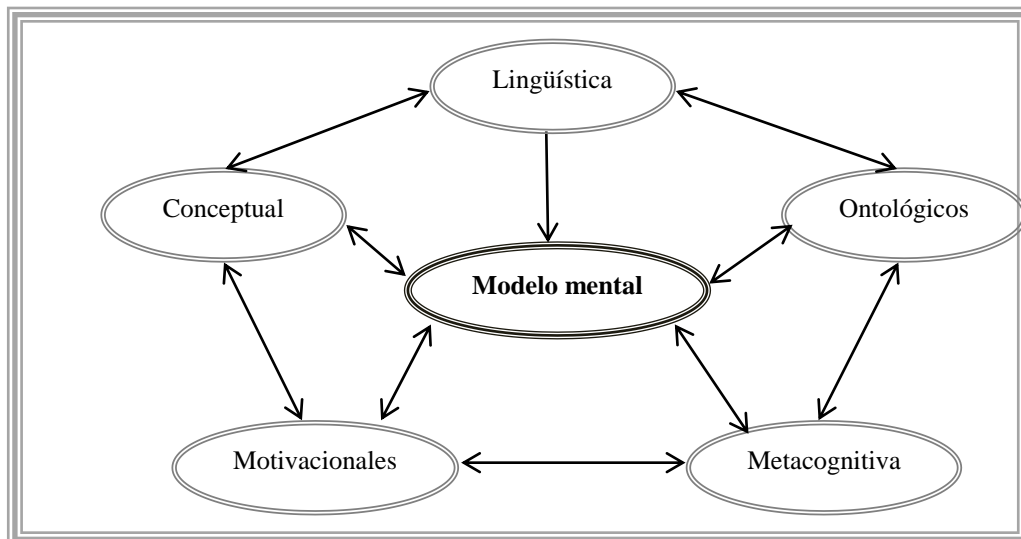


Figura 3. Propuesta para el estudio de los modelos mentales desde una perspectiva multidimensional (Tamayo, 2001).

2.7. La Modelización en la Didáctica de las Ciencias

La modelización es una línea de investigación actual en la Didáctica de las Ciencias que trata de dar un marco teórico para resolver la representación del pensamiento de los estudiantes. Con el uso de la denominación de “modelo mental” se han englobado problemáticas cognitivas de aprendizaje de errores conceptuales, ideas previas, esquemas alternativos, representaciones de conocimiento, entre otros, por lo que el término modelo mental se ha cargado de polisemia, con lo que es difícil entender qué quieren decir los autores cuando lo utilizan (Gutiérrez, 2001, citado por Fernández, González y Moreno, 2005).

Para Adúriz-Bravo et al., (2005: 1) la comunicación comprensiva entre individuos puede lograrse cuando comparten modelos mentales sobre determinado fenómeno. El flujo del conocimiento desde los expertos hacia los estudiantes (novatos) es una cadena de comunicación así:

- a. Los científicos construyen modelos mentales expertos acerca de determinados fenómenos, dichos modelos están en la mente de los científicos y sólo son discutibles entre ellos, definiendo finalmente modelos científicos.
- b. Los docentes “simplificamos” los modelos científicos y construimos nuestros propios modelos mentales acerca de ellos. Para comunicar a los estudiantes estos Modelos de Ciencia Escolar, utilizamos una variada gama de Representaciones Didácticas, que involucran complementariamente diferentes lenguajes (verbales, gráficos, visuales, matemáticos, entre otros) (Galagovsky et al., 2003, citado por Adúriz-Bravo, et al., 2005).
- c. Los estudiantes construyen sus propios modelos mentales idiosincrásicos, en función de la información que reciben de sus profesores y de los textos. Éstos se basan generalmente en el “sentido común” y son muy cercanos a la realidad perceptible (Galagovsky y Adúriz, 2001).

Frente al conocimiento de los modelos mentales y al uso que se les dé para la enseñanza-aprendizaje de los conceptos científicos, encontramos diferentes tendencias. En primer lugar, es posible considerar los modelos mentales, bien desde perspectivas de análisis unidimensional o multidimensional, como tipos de representaciones estáticas en las que el propósito final es la construcción del modelo mental sobre un concepto determinado y; en segundo lugar, fijar la atención más en el proceso que lleva a la construcción del modelo mental (Orrego y Tamayo, 2013).

2.8. Caracterización de los modelos explicativos en inmunidad

Los modelos conceptuales son representaciones externas, compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee (Moreira et al., 2002). Desde este punto de vista, es importante reconocer los modelos explicativos o conceptuales que se han tejido a lo largo de la historia de la ciencia, pues se constituyen en puntos de partida obligados para los procesos de enseñanza.

En el campo de la biología se encuentran múltiples descripciones relacionadas con la salud y la enfermedad, indispensables en el estudio de la respuesta del sistema frente a la acción de los microagresores. Estos se encuentran en la literatura como estudios históricos y epistemológicos de los mecanismos inmunológicos, que aparecen como representaciones que se han hecho los sujetos a lo largo de la historia y en determinados contextos.

De acuerdo con las revisiones realizadas, a continuación describimos los principales modelos de inmunidad construidos a lo largo de la historia (ver tabla 2).

Modelos explicativos	Postulados
Sobrenatural	Enfermedades por causas sobrenaturales o como castigo teúrgico de los dioses.
Desequilibrio	Las enfermedades eran atribuidas a una alteración o desequilibrio en uno de los 4 humores: sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra.
Teoría miasmática	Enfermedades causadas por un miasma, una forma

	nociva de aire ahogado.
Clásico	La respuesta inmune tiene su fundamento en una analogía de tipo militar.
	El cuerpo responde frente a amenazas externas.
Pre-científico	No se sufre una enfermedad infecciosa dos veces y de padecerla la recaída nunca es mortal.
	La exposición a agentes patógenos otorga inmunidad duradera.
	El organismo se hace resistente a la acción de determinado tóxico por su ingesta sucesiva en pequeñas dosis.
	La inmunidad se adquiere por variolización, escarificación o ingestión gradual de tóxicos.
	Surgimiento de la inmunidad adquirida de manera activa natural y artificial.
Científico	Vacunación.
	Bacterias como causantes de enfermedad.
	Mecanismos inmunológicos: inflamación y fagocitosis.
	Transferencia pasiva de anticuerpos maternos al feto y al recién nacido.
	Reacción-antígeno anticuerpo.

Tabla 2. Modelos explicativos relacionados con la inmunidad (Silverstein, 2009, Iglesias-Gamarrá, A., Siachoque, H., Pons-Estel, B., Restrepo, J.F., Quintana L.G. y Gómez, G.A., 2009)

2.8.1. Desarrollo histórico de la inmunidad

La respuesta inmune se considera como la acción integrada de un gran número de mecanismos de defensa contra sustancias y agentes extraños. A las sustancias extrañas se les denomina antígenos y son los que desencadenan en el organismo una serie de eventos celulares que provocan la producción de los mecanismos de defensa. La inmunidad empezó a definirse a través de experiencias y observaciones intuitivas aproximadamente 500 años a.C. Se han descrito en la historia de la inmunología hipótesis y teorías que han explicado los mecanismos de defensa a través del desarrollo de la humanidad. De acuerdo con las revisiones realizadas integraremos el desarrollo de la inmunidad en los modelos que a continuación describimos. Cabe aclarar que estos modelos no siguen una secuencia cronológica exacta y en algunos momentos se cruza un modelo con otro; lo importante es como conceptos se integran a cada modelo explicativo.

2.8.1.1. Modelo sobrenatural

“Entre los pueblos primitivos, sólo hay una frontera borrosa entre la magia y la religión”. En la mayoría de sociedades primitivas se creía que el hombre y la naturaleza operaban bajo el control de los efectos mágicos regidos por espíritus y demonios; estos llegaban a ser formalizados como conjuntos de tabúes y tótems, seguidos a menudo por el desarrollo de panteones complejos y en ocasiones por una unificación monoteísta (Sigerist, 1954, citado por Silverstein, 2009). Es natural que en civilizaciones tan antiguas como Egipto, India, Israel y Mesopotamia, la enfermedad llegara a ser considerada un castigo por el pecado contra los dioses o los hombres. El uso de amuletos y la ofrenda de sacrificio eran medidas comunes para neutralizar la magia "negra", para prevenir la enfermedad demoníaca, o para propiciar a los dioses, y estas prácticas persisten hasta la actualidad, incluso entre los pueblos de avanzada (Temkin, 1973, citado por Silverstein, 2009).

A lo largo de la historia cada civilización ha reconocido el origen teúrgico de la enfermedad. La epopeya babilónica de Gilgamesh, en el año 2000 a.C., registra la visita del dios de la pestilencia, mientras que en Egipto el temor de Faraón se comparaba con el miedo del dios de la enfermedad durante un año de graves epidemias.

En el Antiguo Testamento, se describe que Dios envía la enfermedad a los que se merecen castigo, que incluye tanto a su propio pueblo y los que se oponen a ellos. Por lo tanto, Dios por medio de Moisés hirió a los egipcios (Éxodo 9:9), a los filisteos para la toma del Arca de la Alianza (I Samuel 5:6), y a los sirios bajo el reinado de Senaquerib para invadir Judea (Isaías 37:36), pero Dios también generó una peste que mató a 70.000 personas como castigo por el pecado de David (II Samuel 24). En la antigua Grecia, Sófocles registra en “Edipo Rey” que el dios Apolo causó la peste de Tebas, porque había sido contaminado por las fechorías de Edipo (Silverstein, 2009).

A través de la historia la enfermedad ha sido considerada como un castigo por los espíritus, demonios o dioses por vicios y pecados, y salvarse de los efectos iniciales de una peste, rabia u otra enfermedad (es decir, la inmunidad natural) ha sido visto como el resultado inevitable de haber llevado una vida limpia y piadosa.

Una vez que la enfermedad fue considerada como una expiación y purgante, la recuperación de una plaga mortal implicaría no sólo que los pecados del individuo habrían sido menores, sino que habría sido limpiado de esos pecados y por lo tanto no merecía que la enfermedad lo siguiera castigando cuando la plaga se volviera a presentar (inmunidad adquirida (Silverstein, 2009). Este modelo es una visión prehistórica de las enfermedades, en la cual se consideraba que éstas estaban causadas por fuerzas sobrenaturales. Podemos considerar como características de este modelo las siguientes:

- Enfermedades causadas por fuerza sobrenatural.
- Enfermedad como forma de castigo teúrgico de los dioses o de los enemigos, por malos actos o pensamientos malvados que visitaban el alma.

2.8.1.2. Modelo del desequilibrio o teoría de la expulsión de la inmunidad adquirida

Entre la época de los griegos (escuela hipocrática) y el siglo XIX las enfermedades eran atribuidas a una alteración o desequilibrio en uno de los 4 humores: sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra, de donde se originan los términos sanguíneo, flemático, colérico y melancólico. Durante este período se suponía que la enfermedad se debía a un desequilibrio cuantitativo entre los humores, y esto condujo al uso generalizado de las terapias que incluían el sangrado, las ventosas, las sanguijuelas y los purgantes y expectorantes de muchos tipos. Un mayor refinamiento (debido en parte a Galeno, 130 - 200 d.C.) sostuvo que la enfermedad también puede ser causada por cambios cualitativos en los humores, que implican cambios en su temperatura, su consistencia, o incluso su fermentación o putrefacción. Por ejemplo, durante mucho tiempo se consideró que la viruela tenía afinidad especial por la sangre, y que involucraba su fermentación. Teniendo en cuenta lo anterior

como un mecanismo patogénico de esta enfermedad, y un aumento de la comprensión de su sintomatología y evolución entre los siglos V y X, no es de extrañar que la mayoría de las teorías iniciales de la adquisición de la inmunidad se formularon en el contexto de la viruela (Silverstein, 2009)

Se puede considerar como características de este modelo:

- Enfermedades atribuidas a una alteración o desequilibrio en uno de los 4 humores: sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra.
- Enfermedad como desequilibrio cuantitativo entre los humores.
- Uso de terapias como el sangrado, las ventosas, las sanguijuelas y los purgantes y expectorantes de muchos tipos

2.8.1.3. Modelo de la teoría miasmática

En el siglo XIX surgió la teoría miasmática que consideraba que las enfermedades como el cólera y la peste negra eran causadas por un miasma, una forma nociva de aire ahogado; si alguien era expuesto al miasma podía adquirir la enfermedad.

2.8.1.3.1. Una teoría de la distensión: la iatrofísica

El Renacimiento que tuvo una gran influencia sobre las artes y la literatura durante los siglos XIV y XV, no afectó significativamente las ciencias hasta unos 200 años más tarde. Así, durante los siglos XVI y XVII, la física y la astronomía cobraron vida en las manos de Copérnico, Galileo, Brahe, una nueva matemática fue desarrollada por Napier, Descartes, Newton y Leibniz. En los inicios de la química moderna, ésta podría ser vista por el aumento de las prácticas ocultas de los alquimistas medievales, estimulada en gran medida por Robert Boyle, y las grandes contribuciones a la medicina fueron hechas por Paracelso, Vesalio, Paré, Fallopio, Harvey, y Sydenham.

Las nuevas ciencias físicas tuvieron importantes implicaciones para el pensamiento médico contemporáneo, y afectaron la manera de ver las enfermedades y las terapias formuladas. Dos nuevas escuelas de medicina surgieron como resultado de los avances científicos, cada una compitiendo para aplicar sus teorías y sus regímenes terapéuticos al paciente enfermo. Por un lado estaba la escuela iatroquímica, que interpretaba toda la fisiología como el producto de las reacciones químicas. Este enfoque se originó con Paracelso y fue desarrollado y acogido por Van Helmont, quien a comienzos del siglo XVII pudo hacer el comentario moderno sobre la inmunidad adquirida contra la reinfección: “Quien se recupera de esta enfermedad a partir de entonces cuenta con una sangre balsámica, la cual hace que esté a salvo de esta enfermedad en el futuro ” (Van Helmont, 1662, citado por Silverstein, 2009). No es claro lo que Van Helmont entendía por bálsamo, pero parece que implica una química fisiológica más que una interpretación vitalista, como puede verse, la mayoría de las teorías de la inmunidad adquirida se ajustan en mayor o menor medida a ideas de la iatroquímica.

2.8.1.4. Modelo clásico

No se sabe con certeza en qué momento de la historia el sistema inmune comenzó a compararse con un ejército, pero se sabe con exactitud si esta visión cambió en el año de 1974 con las observaciones de Niels Jerne, sobre las teorías relativas a la especificidad en el desarrollo y control del sistema inmune y el descubrimiento del principio para la producción de anticuerpos monoclonales (Iglesias- Gamarra et al., 2009).

Para Varela (1997), la respuesta inmune tiene su fundamento en una analogía de tipo militar, donde el funcionamiento del sistema inmune se activa frente a la amenaza proveniente del exterior, lo cual tiene incidencias epistemológicas, en las cuales este sistema es entendido como si fuera dirigido desde dentro como respuesta a la presión externa, con poca o nula autonomía.

2.8.1.5. Modelo pre-científico

La palabra moderna inmunidad deriva de la palabra latina *inmunis* que significa exención del servicio militar, el pago de impuestos u otros servicios públicos. La primera descripción escrita del concepto inmunidad pudo ser hecha por el ateniense Tucídides que en el 430 a. C., describió que cuando la peste afectó a Atenas, los enfermos y moribundos estuvieron cuidados por personas que sufrieron la peste y se recuperaron, ninguna de estas personas fue atacada jamás por segunda vez; se deriva de este pasaje histórico que “no se sufre la enfermedad dos veces y de padecerla, la recaída nunca es mortal” (Iglesias-Gamarra, et al., 2009).

A partir de la descripción anterior, podemos inferir que después de sufrir una enfermedad infecciosa las personas adquieren inmunidad y no vuelven a padecer dicha enfermedad cuando el microorganismo que la produce coloniza nuevamente el organismo. Se puede decir, que desde esta época (430 a.C.), se describió la inmunidad adquirida activa desarrollada por enfermedad de manera natural.

“En el siglo X el médico islámico Al-Razí realizó la descripción clínica de la viruela y el sarampión, indicó que la exposición a agentes específicos otorga inmunidad duradera, aunque no usa el término inmunidad” (Silverstein, 2009); Esta descripción histórica una vez más se refiere a la inmunidad adquirida por enfermedad de manera natural.

La inmunidad adquirida de manera activa por inmunización; es decir, de manera artificial se describe desde los años 132 y 63 a. C. con la teoría del mitridatismo. Esta teoría describe el estado del organismo que se hace resistente a la acción de determinado tóxico por su ingesta sucesiva en pequeñas dosis. (Iglesias-Gamarra, et al., 2009).

Otros hechos históricos que describen fenómenos sobre la inmunidad adquirida activa de manera natural se remontan a 1000 años d.C., época en que los chinos escarificaban la piel,

utilizaban el macerado de costras de viruela y la espolvoreaban en la nariz; esta técnica pasó a Europa y tomó fuerza en el siglo XVIII cuando en 1718 Lady Mary Montagu se familiarizó con la escarificación y se la aplicó a su hijo de seis años para enfrentar la epidemia de la viruela que azotó a Londres en 1721. Este proceso se conoció con el nombre de variolización. En 1770, el granjero Benjamín Jesty usó pus de ulceraciones causadas por la infección con viruela de las vacas (escarificación) las cuales eran transmitidas a las ordeñadoras. “Sus ordeñadoras Ann Notley y Mary Reade se infectaron con una viruela benigna, la cual inmunizaba contra la viruela negra; Benjamín Jesty observó que la viruela vacuna las había inmunizado contra la viruela negra, y realizó varias vacunaciones en la población” (Iglesias –Gamarra, et al., 2009).

El mitridatismo, la variolización y la escarificación, son consideradas explicaciones pre-científicas de los modelos en inmunidad.

2.8.1.6. Modelo científico

El nacimiento de la inmunología como ciencia marca el inicio del modelo científico, que se caracteriza por una serie de descubrimientos científicos que datan desde 1776 hasta la actualidad. Los hechos más importantes para este modelo se sintetizan en la tabla 3 (Silverstein, 1989, Iglesias-Gamarra, et al., 2009);

Teoría o campo	Representantes	Postulados
-----	Edward Jenner (1796)	Prevención. Inoculación con pus de lesión de viruela. Vacunación con lesiones de viruela Resistencia por vacunación.
-----	Pasteur, Koch, Roux, Yersin	Inmunización. Concepto de agente etiológico. Transmisión del agente etiológico. Gérmenes como causantes de enfermedad. Vacunación con germen inactivado. Resistencia a la enfermedad por vacunación. Inmunidad activa por vacunación. Relación bacteria-enfermedad.

Seroterapia	Behring y Kitasato (1890)	Especificidad inmunológica: la inyección de una toxina genera una antitoxina (anticuerpo).
		Seroterapia: se transfiere inmunidad a un individuo sano al inyectarle el suero de un individuo inmunizado, se genera el concepto de inmunidad pasiva.
		Las antitoxinas (defensinas) contenidas en el suero pueden cumplir un papel preventivo o un papel curativo.
“Teoría de los fagocitos” Respuesta celular inmune o Inmunidad celular	Metchnikov (1882)	Fagocitosis: ingestión y destrucción de patógenos.
		Células fagocitarias.
		Primera línea de defensa.
		Producción de estimulinas (opsoninas).
El complemento	Nuttall, Buchner, Bordet, Ehrlich	Alexina: sustancia protectora del suero (complemento): el suero de animales infectados con microorganismos tiene la capacidad de destruirlos.
		La alexina es un componente del suero normal.
		El efecto lítico del suero se lleva a cabo en presencia de alexina y anticuerpo.
Inflamación	Lister, Virchow, Metchnikov, Rokitsky Cohnheim, Thomas Lewis	Cuestionamiento sobre si la inflamación era una respuesta anormal o un mecanismo de defensa.
		Concepto de tumor en inflamación.
		Tumefacción por aumento de líquido intersticial y producción de edema.
		Daño de las paredes de los vasos sanguíneos.
		Rubor: salida de componentes humorales de vasos sanguíneos (citoquinas), enrojecimiento por vasodilatación y aumento de la presión.
		Calor: aumento de la temperatura, aumento del consumo local de oxígeno.
		Dolor producido por prostaglandinas y Kininas.
Mediadores de la inflamación.		
Inmunidad humoral	Ehrlich, a partir de 1888	Especificidad de los anticuerpos.
		Concepto toxina-antitoxina (antígeno anticuerpo).
		Especificidad de los anticuerpos: los tóxicos inducen la formación de anticuerpos específicos.
		La variabilidad de las cadenas laterales de los anticuerpos permiten reconocer diferentes antígenos (Teoría selectiva).
		Descripción de células cebadas: mastocitos.
		Presencia de receptores celulares para anticuerpos y componentes del complemento.
		Interacción de anticuerpo con su receptor en una célula.
		Horror autotóxico: autoinmunidad.
		Transferencia pasiva de anticuerpos maternos al feto y al recién nacido.
Diferenciación de la inmunidad activa y de la inmunidad pasiva.		

		Eliminación inmune del antígeno.
Inmunopatología	Richet y Portier (1902)	Los anticuerpos protectores también pueden causar enfermedad.
		Filaxia: protección.
	Pirquet y Schick (1903-1905)	Anafilaxia: propiedad que poseen ciertos venenos de aumentar la sensibilidad del organismo a su acción.
		Pequeñas dosis de suero estimulan la producción de anticuerpo y generan protección.
		Hipersensibilidad: con grandes cantidades de suero, las antitoxinas producen los síntomas de la enfermedad (enfermedad del suero). Aparece el término de alergia (enfermedad del suero, anafilaxia, la reacción de Arthus, el asma, la fiebre del heno y las enfermedades autoinmunes).
Conciliación entre teoría celular y humoral	Almorth Wrigth y Stewart R. Douglas, (1904)	Modo de acción de las opsoninas: se unen a la superficie bacteriana e incrementan la capacidad fagocítica de los leucocitos (marcan los antígenos).
Inmunidad humoral: Inmunoquímica	Jacques Oudin (1946)	Identificación de las reacciones anticuerpo-anti-anticuerpo en una misma especie generando el concepto de alotipos.
		Identificación de las reacciones anticuerpo-anti-anticuerpo en un mismo individuo generando el concepto de idiotipos.
Teoría de la selección clonal	MacfarlaneBurnet	Cada linfocito B (LB) al unirse con el antígeno, sintetiza un anticuerpo único, específico para cada antígeno y la unión del antígeno al LB produce la proliferación clonal del LB y como consecuencia se aumenta la síntesis de anticuerpos específicos.
Inmunidad humoral: Red idiotípica	Niels Jerne	Receptores de inmunoglobulina en la superficie de los linfocitos B, que se estimulan en presencia de un antígeno determinado y producen anticuerpos (de una sola especificidad, según la teoría clonal).
		La región variable del anticuerpo contiene un sitio de combinación antigénico que a su vez induce la formación de anticuerpos anti-idiotípicos.
		Si se induce un anticuerpo contra una bacteria y se usa para inmunizar otro animal, algunos de los anticuerpos anti-idiotípicos serán similares a la bacteria, lo que posibilitaría la obtención de vacunas inocuas fabricadas por el propio animal, en ausencia del antígeno (bacteria) original.
		El sistema inmune es dinámico y continúa produciendo anticuerpos contra los varios idiotipos, vale decir, que se producen anti-anticuerpos anti-idiotípicos Ai1, Ai2, Ai3, hasta transformarse en una red de interacciones idiotípicas que persisten mucho tiempo después de la metabolización del antígeno.
		El funcionamiento normal del sistema inmune se debe

		llegar a un equilibrio entre estímulos (positivos) y supresiones (negativas), lo que constituye la homeostasis inmunológica; esto implica que la red de anticuerpos idiotípicos es eventualmente neutralizada y suprimida (Dosne Pasqualini, 2009).
Inmunidad natural	-----	Inmunidad de edad.
		Inmunidad de especie.
		Inmunidad de raza.
		Inmunidad de edad.
		Aspectos genéticos.
Inmunidad adquirida	-----	Concepto agente etiológico.
		Transmisión del agente etiológico.
		Especificidad y reproductibilidad de la enfermedad.
		Interacción parásito hospedero.

Tabla 3. Principales acontecimientos históricos del modelo explicativo científico de la inmunidad.

A todo lo largo del siglo XX, el comité del Nobel confirió 11 premios de Medicina más a trabajos con fundamento directo en la ciencia que se llamó inmunología. En el siglo XXI, los estudios sobre la inmunidad, probablemente se centrarán en los principios de la susceptibilidad y el condicionamiento genético, a desarrollar un cierto tipo de reacción.

Las técnicas de biología molecular, la inmunohistoquímica, permitieron desarrollar aún más científicamente el campo de la inmunología.

2.9. Importancia de la enseñanza de la inmunología en el contexto universitario

Abre, Máximo, Cremonini y Coutinho (2015) establecen que para enseñar en el contexto universitario, se deben tener en cuenta los conocimientos previos de los futuros profesionales, pero no existe ninguna mención al reconocimiento ni la importancia de esto en el área de la salud y menos en temas relacionados con la inmunidad. Asimismo, estos autores establecen que la enseñanza de la respuesta inmune ocurre de forma aislada, lo que parece paradójico, pues los estudiantes no logran vincular sus conocimientos con la vida cotidiana y esto perjudica el aprendizaje de la biología.

Los conocimientos básicos para la comprensión de los fenómenos implicados en los mecanismos de defensa del organismo ante agentes extraños, se imparten con escasa profundización en los procesos que a nivel molecular tienen lugar y que son la base para el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de numerosas enfermedades, algo muy importante para los profesionales de la salud (Serrano et al., 2005).

Los temas relacionados con la inmunología son de especial relevancia en los estudiantes de pregrado de áreas de la salud, pues son ellos quienes se encargan de la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades. Serrano et al., (2005, consideran que la enseñanza de las ciencias actual debe transformarse en las carreras del área de la salud, pues esta aún es incompleta y se escatiman muchos esfuerzos en abordar solo contenidos sin lograr profundización, integración y habilidades que requieren los futuros profesionales para actuar de acuerdo a los avances de las ciencias biomédicas.

Abreu, Máximo, Cremonini y Coutinho (2015), consideran que:

“Resulta difícil que la enseñanza tradicional de Ciencias Biológicas y de la Salud logre promover una visión unificada e integrada entre las partes que constituyen los organismos vivos (anatomía, fisiología y morfología) y el todo más amplio (historia evolutiva y el contexto en que dichos organismos se insertan). Además, con ese tipo de enseñanza, el alumnado no consigue establecer relaciones entre las formas, las acciones (Mayr, 1998; El-Hani, 2007) y el mantenimiento del equilibrio dinámico del organismo, que son elementos importantes para la comprensión y solución de problemas que se presentan en su vida diaria (Brasil, 2002; Brasil, 2008).” (pp. 39).

Estos autores, consideran que los contenidos de la inmunología son complejos, incluso para los estudiantes universitarios, al parecer porque las representaciones cotidianas de los estudiantes para temas de Inmunología son muy distintas de las representaciones científicas. Asimismo, resulta paradójico que la biología haga parte de la cotidianidad de

las personas, pero la enseñanza de esta ocurra de forma aislada, lo que impide establecer relaciones entre lo que se estudia y lo que se vive en la vida cotidiana.

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la salud deben evolucionar y cambiar de acuerdo a los retos de la sociedad actual, pues los escenarios relacionados con la salud y la enfermedad también son cambiantes (Lage, 1995). Desde ese punto de vista, es importante la formación de los estudiantes universitarios de áreas de la salud en el enfoque molecular, pues es el escenario donde más frecuentemente deberán enfrentarse los futuros profesionales (Serrano et al., 2005), obviamente sin desconocer la importancia del factor sistémico y las relaciones con el ambiente.

2.10. El lenguaje en ciencias naturales

Aprender y comprender ciencias exige el conocimiento de las especificidades de su lenguaje, las formas de comunicarla y sus diferentes representaciones. Desde esta perspectiva, toda persona para comunicarse utiliza un lenguaje natural - palabras, señales, símbolos, orales o escritos -, que cuando están codificados y estructurados conforman un sistema de expresión verbal (lengua), utilizado para designar tanto propiedades como relaciones, entre otras cosas.

El MEN (1998:66) manifiesta que en las ciencias existen ciertos niveles de abstracción relacionados con los usos del lenguaje en ciencias; por esa razón, a veces se manifiesta en un lenguaje natural, más cercano al cotidiano. Este último lenguaje tiene la ventaja de que el estudiante entiende más fácilmente cualquier proposición expresada que si se dijese en el lenguaje científico. Sin embargo, es claro que en el ámbito de las ciencias de naturaleza explicativa el uso de lenguajes formales se vincula de manera directa con la comprensión del concepto formalizado. Consideramos necesario, entonces, que los estudiantes conozcan los riesgos de usar de manera indiscriminada diferentes lenguajes, lo que los puede llevar a comprender los conceptos de la ciencia de una manera distorsionada; así que es necesario

que los estudiantes sepan sobre la ciencia, pero también que sepan hablar sobre ella, discutir, argumentar en su lenguaje formal.

Una razón por la que los estudiantes prefieren explicar la ciencia, desde un lenguaje natural, es el hecho que las personas se encuentran más cómodas y seguras, explicando los fenómenos a partir de sus experiencias que de las explicaciones que obtuvieron en la escuela (Flores y García, 2011).

Por su parte, el MEN (1998) expresa:

“[...] La primera razón para la preferencia del estudiante por el lenguaje natural es el vocabulario. Los lenguajes formalizados usan términos extraños para el estudiante (“constante gravitacional” o “coeficiente de dilatación”, “potencial de ionización”, “genes recesivos” por ejemplo); o usan términos que le son familiares pero con significados tan restringidos y especializados que esta familiaridad termina siendo un obstáculo porque al estudiante se le dificulta desligar el término de su significado y sus connotaciones cotidianas. (Las nociones de “trabajo”, “calor” “mutación”, “equilibrio”, son buenos ejemplos).” (pp. 66).

Dado lo anterior, planteamos que el lenguaje que utilizan las personas se diferencia según el ámbito en que se usa – escolar, científico o social -, bien sea por la forma y los propósitos en que se construyen, pero consideramos que siempre debe utilizarse el lenguaje apropiado. Esto es necesario porque denota conocimiento y capacidad de poner los conocimientos en contexto; sino, se corre el riesgo de que al difuminar conceptos científicos y cotidianos, se conviertan en obstáculo para el aprendizaje.

Partiendo de lo anterior, se hace necesario el estudio del lenguaje en ciencias, en función de conocer las concepciones de los estudiantes en distintos campos disciplinares. No obstante, Tamayo (2001) propone que además de los aspectos conceptuales, se acepta que los estudiantes deben aprender a reconocer cuando una explicación es válida y cuando no,

deben aprender a hablar del tema, a escuchar y a dirigir el discurso. En otras palabras, se debe aprender a hablar sobre el contenido específico, pero también su retórica.

2.11. El significado del texto: del análisis de contenido hacia el análisis del discurso

Analizar el lenguaje de los estudiantes se ha convertido en la actualidad en un punto de partida para comprender la influencia del contexto y los aprendizajes culturales en la adquisición de conceptos científicos. Esto, también en función de identificar el sentido de los discursos orales y escritos de los estudiantes, desentrañando la naturaleza de las relaciones entre el significado, su comprensión y lo que realmente se quiere decir; de esta forma, se logra entender una forma de exteriorizar las representaciones.

En este apartado pretendemos aclarar que dentro de los análisis lingüísticos, no solo es importante comprender lo que el estudiante dice, sino lo que hay detrás de ello. Desde esta perspectiva, proponemos que el análisis de lo que los estudiante dicen o escriben no se debe limitar al análisis de contenido que, como lo dice Iñiguez y Antaki (1998), este es bastante fácil, pues la aparición de una sola palabra puede ser tomada como una manifestación de una categoría que se está analizando; dicho de otro modo, el lenguaje representa el concepto que se busca.

A lo anterior, Santander (2011) complementa diciendo que:

“[...]sabemos que el lenguaje no es transparente, los signos no son inocentes, que la connotación va con la denotación, que el lenguaje muestra, pero también distorsiona y oculta, que a veces lo expresado refleja directamente lo pensado y a veces sólo es un indicio ligero, sutil, cínico.” (pp. 208).

Por razones discursivas, cognitivas y sociales, los temas del discurso desempeñan un papel fundamental en la comunicación y en la interacción (Wodak y Meyer, 2003). De aquí, que

se hace necesario analizar el discurso de los estudiantes no sólo a partir del análisis de contenido, sino también del discurso. Desde esta perspectiva nos ubicamos en la teoría de van Dijk (1980), en donde se asume que el lenguaje tiene múltiples niveles de significación; es decir, adquiere valor lo dicho y lo no dicho, lo que está detrás, oculto, dando significación global al texto que se está analizando.

El análisis de los textos escritos puede realizarse desde su estructura y de su funcionalidad. Al respecto, Tamayo (2001), manifiesta que la estructura tiene que ver con las palabras, proposiciones y oraciones – con base en reglas lógicas – que constituyen un discurso. Aquí, juega un papel importante el uso generalizado de conectores causales junto con el tipo de explicación empleado por los estudiantes, aunque se reconoce que en un discurso escrito sus oraciones no están solo unidas por conectores lógicos.

El análisis de los textos escritos es usado ampliamente con el propósito de comprender los procesos de aprendizaje y cambio conceptual de los estudiantes (Ibíd.). Es importante el análisis del discurso, en función de comprender como en la construcción del conocimiento intervienen las concepciones previas y el contexto.

En el análisis del discurso, cobra importancia la coherencia y estructura discursiva. La coherencia de un discurso puede ser local o global. van Dijk (1992) establece que la coherencia lineal o local se define en términos de las relaciones semánticas entre oraciones individuales de la secuencia; es decir, la relación que exista entre las oraciones. En esta clase de coherencia, las oraciones o ideas se relacionan entre sí, pero de forma lineal, lo que indica conocimientos superficiales.

Por su parte, la coherencia global se refiere a como la idea central toma sentido, cuando sus distintas partes mantienen relaciones de significado. van Dijk (1992) se refiere a que los textos con coherencia global están compuestos por superestructuras y macro estructuras semánticas, las cuales no se definen en relación a oraciones aisladas, sino para el texto en conjunto o en otros casos para fragmentos.

La coherencia lineal es la que se consigue a través de la relación entre las oraciones en el párrafo. La coherencia global se logra por la relación de las partes del texto como un todo.

A continuación explicamos las ideas centrales de la coherencia local y global (Ibíd.):

Coherencia local o lineal	Coherencia global
Estrategias semánticas; es decir, el orden del significado.	Estrategias semánticas; es decir, el orden del significado.
Se construye en el nivel oracional, denominado micronivel.	Se construye en el nivel textual, denominado macronivel.
La organización de la información se realiza en microestructuras.	La organización de la información se realiza en macroestructuras y superestructuras.
La unidad de análisis es el significado de las oraciones, llamado proposición.	La unidad de análisis son los textos completos.

Tabla 4. Ideas centrales de la coherencia local y la coherencia global (van Dijk, 1992).

Los sujetos no sólo construyen modelos mentales sobre situaciones, objetos o fenómenos, sino también de las situaciones de las que hablan o escriben. En ese sentido, van Dijk (1980, citado por Wodak y Meyer, 2003) expresa que la coherencia local y global de un discurso no queda definida solo por las relaciones funcionales entre sus proposiciones, sino también por las relaciones entre los hechos a los que se refieren los sujetos mediante dichas proposiciones.

Capítulo 3

Metodología

Nos inscribimos dentro de una línea de investigación que tiene como objetivos centrales estudiar las representaciones mentales de estudiantes universitarios sobre la inmunidad.

En coherencia con lo anterior se realizó un estudio comprensivo acerca de los modelos mentales, en el cual integramos aportes cognitivo-lingüísticos, epistemológicos y ontológicos con estudiantes de biología molecular de la Universidad Autónoma de Manizales.

3.1. Metodología de la investigación

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo se llevó a cabo un estudio cualitativo comprensivo. Éste permitió reflexiones descriptivas e interpretativas, abarcando al o a los individuos como un todo flexible y personal; dando espacio para profundizar en características específicas.

El estudio interpretativo está orientado básicamente a comprender el problema que interesa investigar; en este caso los modelos mentales de estudiantes de educación universitaria sobre los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores.

3.2. Diseño de la investigación

La investigación se realizó en cuatro fases o momentos:

- Fase I: apoyados en la teoría, seleccionamos el tema, planteamos el problema y los objetivos.
- Fase II: construcción del marco teórico.
- Fase III: Se diseñó y validó el instrumento de lápiz y papel usado para la recolección de datos. La validación del instrumento consistió en el juicio de expertos y una prueba piloto.
- Fase IV: realizamos las redes semánticas con el software Atlas-ti y posteriormente elaboramos el análisis interpretativo teniendo en cuenta las oraciones nucleares (Chomsky, 2004).

El análisis de los datos se hizo en cuatro momentos distintos: ubicación de los estudiantes en los distintos modelos explicativos de los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores; diagnóstico de las concepciones alternativas; las construcciones de sentido analizadas a partir del lenguaje de los estudiantes y caracterización de los modelos mentales de los estudiantes acerca de los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores.

En la figura 4 se muestra el diseño general que se siguió en la investigación con sus diferentes fases:

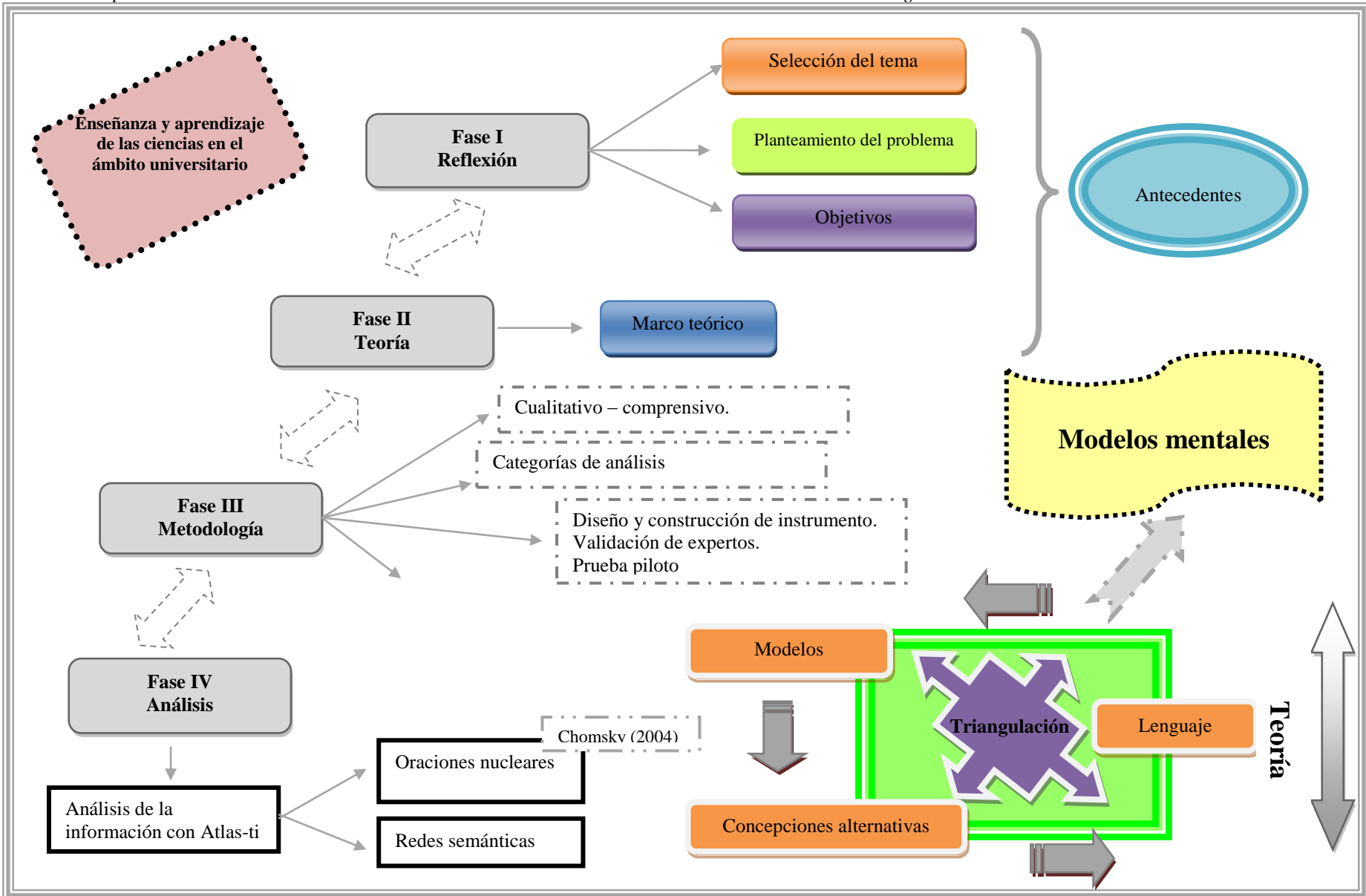


Figura 4. Diseño general de la investigación en el que se destacan las diferentes fases.

3.3. Unidad de trabajo

La investigación se realizó con 37 estudiantes universitarios de segundo semestre de Odontología de la Universidad Autónoma de Manizales, entre los 18 y 21 años de edad. Para la elección del grupo no se tuvo en cuenta ningún criterio, no se atendieron a juicios como el rendimiento académico. Esto garantizó una muestra heterogénea.

3.4. Diseño metodológico

El diseño metodológico de esta investigación cualitativa de corte interpretativo-comprensivo incorpora, dentro del proceso de aprendizaje: los modelos explicativos, el origen de las concepciones alternativas y el discurso escrito de los estudiantes. Estas categorías direccionaron el diseño del instrumento necesario para recolectar los datos. La figura 5, ilustra el diseño metodológico seguido en la investigación:

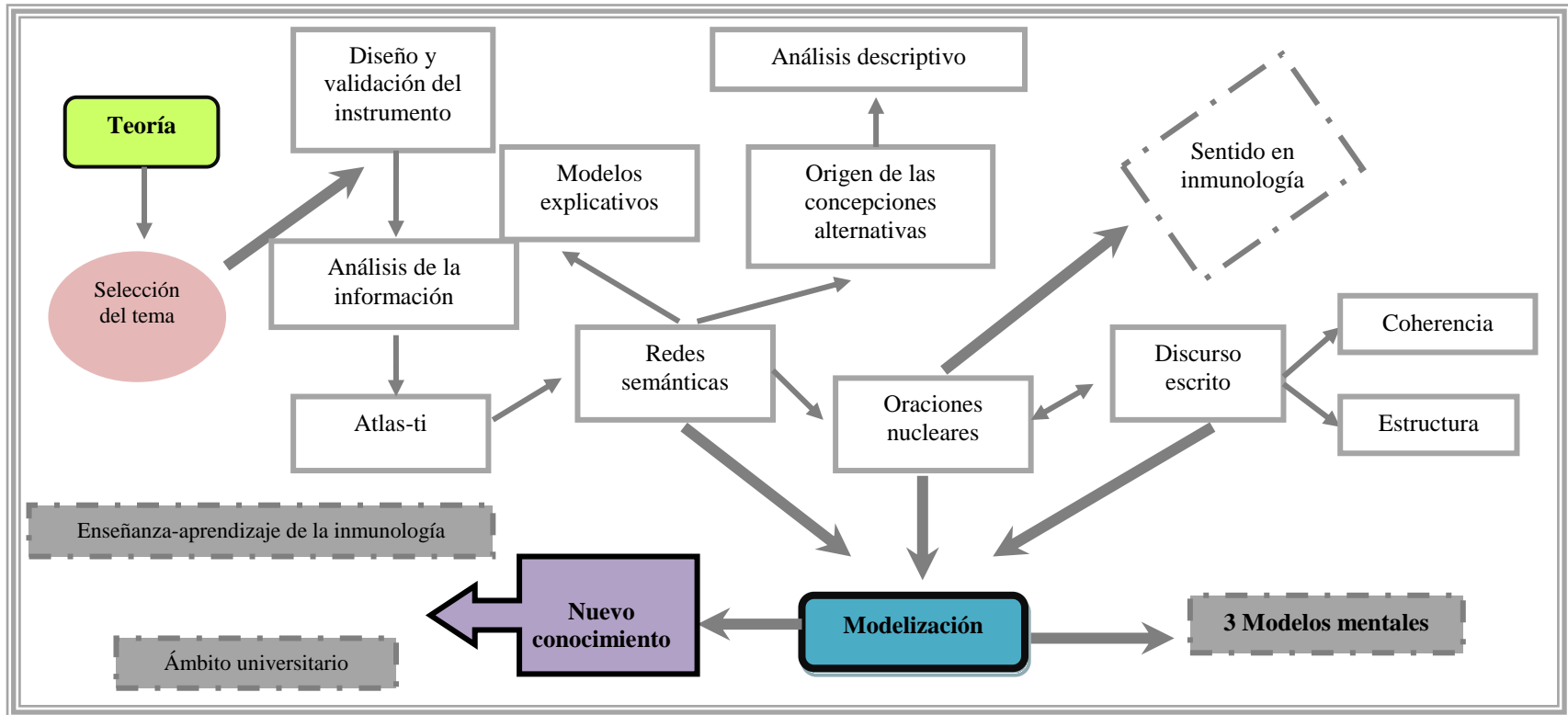


Figura 5. Diseño metodológico de la investigación.

Para la modelización de los procesos metabólicos en bioquímica y biología molecular se siguieron los siguientes pasos:

- Elaboración de instrumentos,
- Selección de la muestra,

- Aplicación de instrumentos,
- Análisis piloto,
- Análisis de toda la muestra con Atlas –Ti y
- Caracterización de los modelos mentales.

3.5. Categorías de análisis

Para el proceso de modelización se tuvieron en cuenta diferentes tipos de representaciones elaboradas por los estudiantes como las ideas previas y modelos mentales. La modelización del pensamiento del estudiante incluyó las siguientes categorías:

- Aspectos epistemológicos,
- Aspectos ontológicos y
- Aspectos cognitivo-lingüísticos.

La figura 6 muestra los aspectos analizados dentro de las categorías de análisis de la investigación:

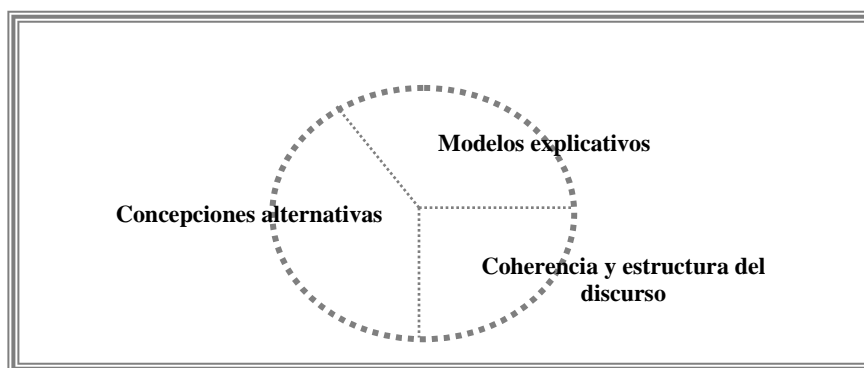


Figura 6. Aspectos analizados dentro de cada una de las categorías de análisis.

3.5.1. Aspectos epistemológicos

Hace referencia a los modelos explicativos de la inmunidad dentro de los cuales se ubican los estudiantes. Se toman como referencia los distintos modelos construidos históricamente:

- Sobrenatural,
- Desequilibrio,
- Teoría miasmática,
- Clásico,
- Pre-científico y
- Científico.

Para identificar conceptualmente los modelos que tenían los estudiantes, dentro de la dimensión epistemológica identificamos las siguientes sub-categorías:

- Fagocitosis,
- Receptores,
- Inmunidad humoral,
- Inmunidad natural,
- Inmunidad celular,
- Inflamación y
- Estructura.

El análisis de esta categoría lo realizamos a la luz de los diferentes modelos explicativos de la inmunidad, las oraciones nucleares (Chomsky, 2004) y el análisis de las redes semánticas elaboradas con Atlas-ti.

3.5.2. Aspectos ontológicos

El análisis desde la perspectiva ontológica se refiere a la influencia de las experiencias de los estudiantes en la formación de los conceptos científicos; aquí juega un papel importante el contexto en el que ellos se desenvuelven. El análisis ontológico lo realizamos a partir del análisis del origen de las concepciones alternativas que identificamos en los estudiantes. Seguimos aquí la propuesta de Pozo y Gómez (1998), en cuanto a la clasificación de las concepciones de los estudiantes:

- Concepciones espontáneas,
- Concepciones inducidas (cultura o escuela) y
- Concepciones analógicas.

Para el análisis de esta categoría tuvimos en cuenta las redes semánticas y los modelos explicativos en los cuales ubicamos a los estudiantes durante en la exploración epistemológica.

3.5.3. Aspectos cognitivo-lingüísticos

A través del análisis de contenido y análisis del discurso, se revisaron los textos elaborados por los estudiantes sobre los mecanismos inmunológicos. Los diferentes textos nos permitieron valorar los siguientes criterios:

3.5.3.1. Coherencia

La coherencia de un discurso está determinada por el orden de las oraciones y el significado en contexto. La coherencia local o lineal se relaciona con la baja comprensión lectora y conocimientos superficiales. En cambio, en la coherencia global, quien habla tiene una idea clara que quiere defender, así que sus ideas secundarias las utiliza para sustentar su tesis.

3.5.3.2. Estructura del discurso

Para este análisis, tuvimos en cuenta los conectores empleados por los estudiantes en sus explicaciones. Los conectores utilizados para el análisis se agruparon en tres categorías: los conectores de causa, de condición y de consecuencia; los de certeza o de razón y, los de oposición. A continuación se caracteriza cada uno de estos grupos de conectores (Tamayo, 2001) (ver tabla 5):

Tipo de conector	Explicación
Causa	Indican que los enunciados que los siguen dan razón de los enunciados

	precedentes.
Certeza	Indican que los enunciados que los siguen son enunciados dados por válidos por el estudiante.
Condición	Siempre que en un texto aparece un condicional, éste va seguido de una consecuencia.
Consecuencia	Indican que los enunciados que los siguen son efecto de los razonamientos antecedentes o de una condición.
Oposición	Estos conectores señalan que los enunciados dados a continuación tienen alguna diferencia respecto a los que le preceden.

Tabla 5. Tipo de conectores empleados para el análisis del discurso.

3.6. Técnicas para recoger la información

Para recoger los datos se diseñó y validó un cuestionario con 21 preguntas, el cual contenía algunas tipo Likert y otras abiertas (ver anexo), en las que se exponía un caso y los estudiantes debían responder si estaban de acuerdo o no con el enunciado, pero siempre justificando su respuesta (ver tabla 6).

Tipología de preguntas realizadas para la recolección de la información
2. Las ratas son portadoras de virus de la rabia sin padecer la enfermedad. Cuando una rata con el virus de la rabia nos muerde, es probable que desarrollemos la enfermedad y podamos morir. ¿Puedes explicar por qué la rata no sufre la enfermedad y nosotros sí?
9. A consulta médica llega un niño que se cayó de la bicicleta y se golpeó la cara. Presenta enrojecimiento, dolor, hinchazón y aumento de la temperatura. ¿Cómo explicaría el médico este fenómeno a los padres del niño?_
14. Los niños que sufren varicela, cuando son adultos nunca vuelven a padecer la enfermedad. CA A D CD Porque: _____
20. Algunas personas son resistentes a la infección del virus que produce el SIDA CA A D CD Porque: _____

Tabla 6. Algunas preguntas empleadas para recoger los datos.

3.7. Técnicas de análisis de la información

Una vez recogida la información, se identificaron oraciones con sentido u oraciones nucleares (Chomsky, 2004) dadas por los estudiantes en inmunidad. Para el análisis y el proceso de categorización central y axial se empleó el software Atlas-ti, el cual nos facilitó la elaboración de redes semánticas, a partir de las cuales realizamos los análisis de las respuestas de los estudiantes, a la luz de los modelos explicativos de la inmunidad y las

concepciones empleadas por los estudiantes, su origen y su relación con los modelos explicativos.

El análisis cognitivo-lingüístico, consistió básicamente en seleccionar las respuestas más extensas y representativas de los estudiantes. Posteriormente, se numeraron las diferentes ideas encontradas dentro de los textos y determinamos, en primer lugar, qué sentido tenían éstas desde la inmunidad y, luego la coherencia dentro del texto.

Para el análisis de la estructura discursiva, se tuvieron en cuenta los conectores empleados dentro del texto y el tipo de causalidad – simple o compuesta – encontrada en las respuestas.

Es importante aclarar que en todo el análisis, después de revisar una gran cantidad de datos y no encontrar información nueva ni relevante aplicamos el criterio de saturación.

Todo esto nos llevó a caracterizar los modelos mentales de los estudiantes, estableciendo relaciones entre los resultados encontrados en cada una de las categorías de análisis.

Capítulo 4

Análisis y discusión

Aporte de los aspectos epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos a la construcción de los modelos mentales

La información recogida se analizó desde las perspectivas epistemológica, ontológica y cognitivo-lingüística a partir de la elaboración de redes semánticas. Posteriormente estos análisis en conjunto nos llevaron a caracterizar los modelos mentales de los estudiantes universitarios sobre las respuestas del sistema inmune.

Luego de recoger y organizar la información, se identificaron 720 oraciones con sentido u oraciones nucleares (Chomsky, 2004) dadas por los estudiantes sobre la inmunidad. Para el análisis y el proceso de categorización central y axial empleamos el software Atlas-ti, el cual nos facilitó la elaboración de redes semánticas, a partir de las cuales realizamos los análisis de las diferentes categorías.

A continuación presentamos el análisis, el cual está compuesto de cuatro partes. En la primera analizamos la categoría de aspectos epistemológicos a la luz de las cinco subcategorías preestablecidas: fagocitosis, inflamación, inmunidad natural, inmunidad adquirida y receptores. En cada una de estas subcategorías analizamos la presencia de los modelos explicativos que se han tejido a lo largo de la historia de la inmunidad.

En un segundo momento presentamos el análisis de la categoría de aspectos ontológicos, el cual realizamos a partir de la revisión de las concepciones inducidas, analógicas y espontáneas que identificamos en los estudiantes. Seguimos aquí la propuesta de Pozo y Gómez (1998), en cuanto a la clasificación de las concepciones de los estudiantes. Aquí

podimos establecer relaciones entre las concepciones alternativas y los modelos explicativos.

Durante el tercer momento presentamos el análisis cognitivo-lingüístico, en el cual caracterizamos el lenguaje, analizando la coherencia discursiva, el tipo de discurso y la exigencia conceptual de los estudiantes sobre el objeto de estudio.

Por último, caracterizamos los modelos mentales de los estudiantes a la luz de los análisis anteriores.

4.1. Categoría de análisis: Análisis epistemológico

Para el análisis conceptual realizamos redes semánticas con el software Atlas-ti para cada una de las subcategorías preestablecidas: fagocitosis, inflamación, inmunidad natural, inmunidad adquirida y receptores. Luego, teniendo en cuenta las características de los modelos explicativos y las respuestas dadas por los estudiantes, pudimos ubicarlos en tres modelos conceptuales: clásico, pre-científico y científico.

A continuación presentamos el análisis realizado en cada una de las subcategorías:

4.1.1. Subcategoría fagocitosis

Se presentaron preguntas relacionadas con procesos de inmunidad natural que tienen que ver con la fagocitosis y la inflamación, los cuales son mecanismos de defensa inespecíficos. De acuerdo al desarrollo histórico de la inmunidad, los estudios sobre fagocitosis e inflamación se desarrollaron científicamente a partir de 1880 y como se describe en el marco teórico hacen parte del modelo científico de la inmunidad.

A continuación se muestra, la red semántica para la subcategoría fagocitosis:

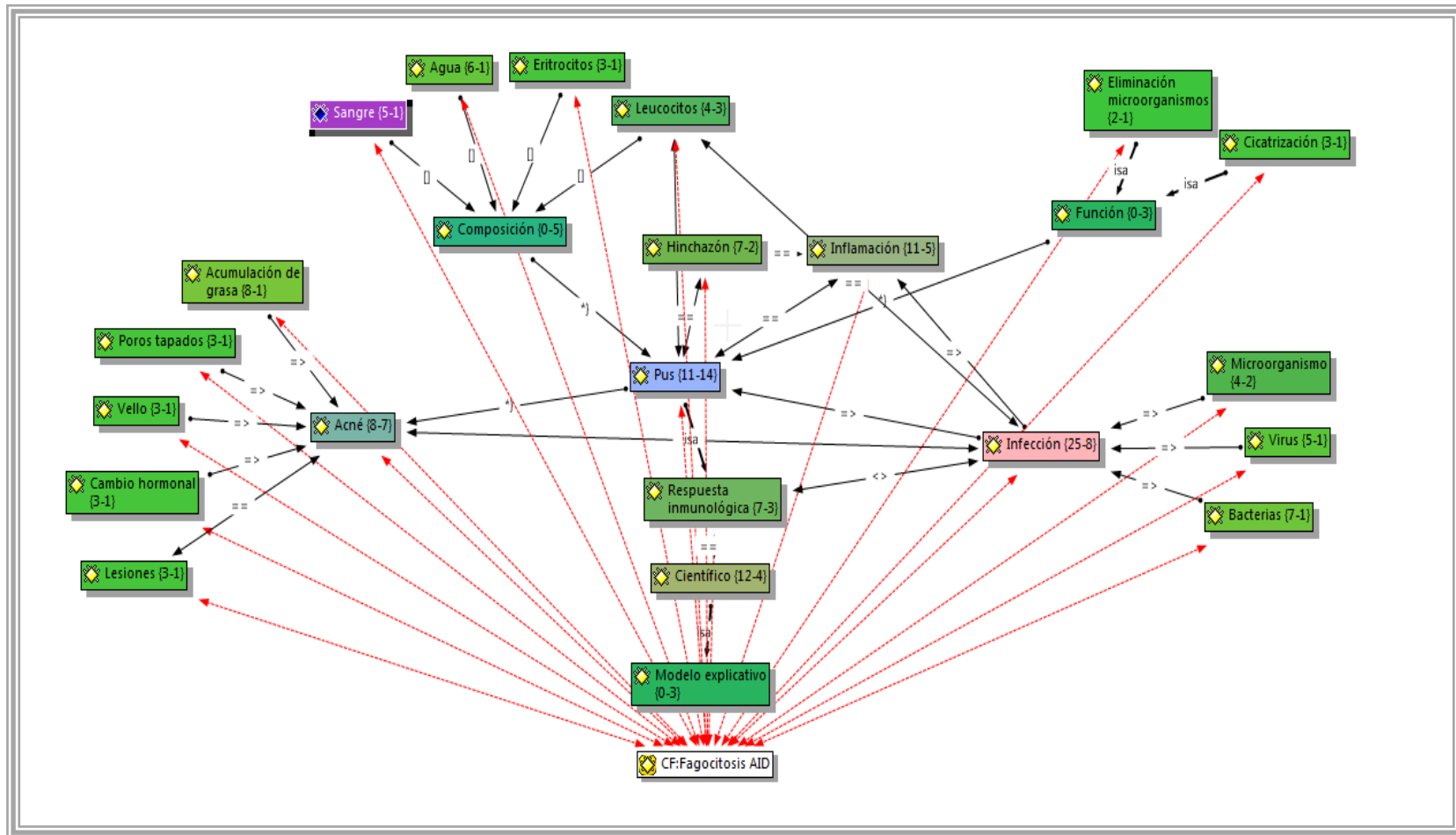


Figura 7. Red semántica en la que se representan de manera general los conceptos asociados a la subcategoría fagocitosis.

A partir del análisis de la red y las oraciones nucleares (Chomsky, 2004), los modelos explicativos encontrados en el grupo de estudio para explicar mecanismos de defensa implicados en la inmunidad natural fueron: el científico y el clásico. A continuación se hace referencia a cada uno de los modelos mencionados.

4.1.1.1. Modelo científico de la subcategoría fagocitosis

Desde el punto de vista teórico, la inmunidad comprende básicamente dos procesos: la inmunidad natural y la inmunidad adaptativa o adquirida. Hacen parte de la inmunidad natural las barreras naturales, los mecanismos de defensa inespecíficos como fagocitosis e inflamación y los sistemas complementarios como el sistema del complemento, la coagulación, la fibrinólisis.

El análisis de la información que se muestra a continuación lo consideramos como parte del modelo científico porque aparecen términos característicos de éste de acuerdo a la evolución histórica del concepto de inmunidad; por ejemplo, el término de microorganismo como causante de enfermedad o de infección (Pasteur, Koch), el concepto de inflamación, concepto de tumor en inflamación, daño de las paredes de los vasos sanguíneos (Lister, Virchow, Rokitansky, Cohnheim).

En el análisis de la información de la subcategoría fagocitosis encontramos, en muy pocos estudiantes, expresiones que relacionan el término respuesta inmunológica con el sistema inmune. Cuando se plantea a los estudiantes que el acné ocasiona lesiones con pus, o cuando se plantea que en algunos casos de amigdalitis se observan placas blanquecinas en las amígdalas, ellos se refieren al pus o a las placas blanquecinas como una respuesta del sistema inmune para atacar la infección, lo que se puede evidenciar en las siguientes respuestas:

P18.E25 “D, el pus se produce como una respuesta del sistema inmune para atacar la infección de la zona ya que los leucocitos migran hacia esa zona.”

P10.E12. “Son respuesta de nuestro sistema inmunológico, produciendo una especie de llagas blancas.”

Podemos inferir que los estudiantes ven el pus o las placas blanquecinas como una respuesta inmune y no como una consecuencia de los eventos moleculares sucedidos en mecanismos de defensa inespecíficos como los procesos de fagocitosis e inflamación. El término fagocitosis no es expresado por ningún estudiante para dar respuesta a las preguntas planteadas, mientras que el término que aparece para dar explicación es el de inflamación (Orrego, et al., 2013).

En las respuestas que se muestran a continuación se observa que los estudiantes relacionan los términos inflamación e infección:

P10.E1. “Porque cuando se produce la amigdalitis, las amígdalas se inflaman y cuando esta amigdalitis está acompañada de una infección se producen estas placas blanquecinas.”

P10.E24. “Porque la amigdalitis da por causa de una infección entonces esto podría producir materia e inflamación.”

P18.E8. “D, se produce por una infección interna que hace que este se inflame, entonces esto podría producir materia e inflamación.”

En los textos P10.E24 y P18.E8., los estudiantes expresan una relación de causa-efecto: la infección produce inflamación, pero no mencionan cuál es la causa de la infección. Al parecer, no establecen relación con los microorganismos como causantes de infección o enfermedad infecciosa y no hacen explicación alguna sobre la inflamación como un mecanismo de defensa.

En las respuestas que aparecen a continuación se puede establecer que los estudiantes se refieren a la inflamación como una hinchazón, usan estos dos términos como sinónimos, desconociendo que una de las características del proceso de inflamación es la presencia de edema (hinchazón) ocasionado por la trasvasación de líquidos y proteínas a los tejidos

afectados. Edema no es usado por los estudiantes y desde el punto de vista molecular no diferencian inflamación e hinchazón; inflamación como mecanismo inespecífico que tiene como finalidad aislar y destruir microagresores, en este proceso las células encargadas liberan mediadores como la histamina y las prostaglandinas que producen vasodilatación, aumento de la permeabilidad vascular y por lo tanto extravasación de líquidos y proteínas que generan la hinchazón del tejido afectado (edema) (Ibíd.):

P10.E10. “Creo que estas placas se forman debido a la hinchazón de las amígdalas, cuando un microorganismo entra a nuestro cuerpo.”

P10.E5. “Creo que es por medio de el virus, que se..... y con anticuerpos trata de contrarrestarlos y se da la flema mucosidad de las amígdalas hinchazón pura con secuelas de la misma forma de combatirlos.”

En algunas respuestas como la que aparece a continuación se establece asociación entre inflamación y pus o materia, expresando que la infección produce materia, pero como venimos analizando no se explica cuál es la génesis de esa materia:

P10.E24. “Porque la amigdalitis da por causa de una infección entonces esto podría producir materia e inflamación.”

P10.E21. “Estas placas se forman porque al haber inflamación y dolor las vías respiratorias se afectan, hay deshidratación”.

Con relación a la composición del pus los estudiantes consideran que este contiene agua, eritrocitos, sangre, impurezas y sólo encontramos una respuesta que dice que contiene virus muertos. A continuación, ejemplos de estas respuestas:

P18.E22. “D, en desacuerdo porque el pus si se forma de agua y sangre pero los glóbulos rojos no interactúan allí ya que nose estallan.”

P18.E3. “A, estoy de acuerdo en que el acné ocasione lesiones con pus, y cuando los glóbulos rojos estallan, se unen con agua y forman pus, todos los “granos” de acné están conformados por pus.”

P18.E21. “A, las glándulas sebáceas que se encuentran en zonas de piel como en la cara pueden hacer que el acné el pus (agua y sangre) hagan que los glóbulos rojos estallen.”

En las respuestas anteriores se puede observar que los estudiantes no asocian la formación de pus con el proceso inflamatorio ni con la fagocitosis, desconocen que el pus se produce como un proceso en el cual las células fagocitarias han realizado degradación interna de los agentes extraños y muchas de estas células una vez cumplida su función mueren, como es el caso de los neutrófilos; por lo tanto, en el pus hay presencia de leucocitos, hay restos celulares del tejido inflamado, productos metabólicos celulares y por supuesto agua.

Encontramos una sola respuesta en la cual se dice que los eosinófilos y los neutrófilos producen el pus, pero se puede ver en esta respuesta que no se explica cuál es la razón por la cual estas células producen el pus.

P18.E16. “CD, pienso que el pus protege la piel para poder cicatrizar quien produce el pus son los eosinófilos, también actúan los neutrófilos.”

Algunos estudiantes consideran que los leucocitos llegan al sitio a atacar la infección, pero no se da ningún tipo de explicación, no se hace alusión a procesos tan importantes como la quimiotaxis, el rodamiento, la marginación y la migración de las células del sistema inmune desde los vasos sanguíneos al sitio de la agresión:

P10.E25. “Se forman debido a los leucocitos que llegan atacar la infección en las amígdalas.”

P18.E6. “D, lo que pasa cuando se produce pus es porque en la sangre esta el plasma y en este hay agua, esta agua es la que está en el pus con los glóbulos rojos y glóbulos blancos.”

P18.E14.” D, los glóbulos blancos son los que actúan en esta reacción y produce pus.”

A continuación se presentan algunas respuestas que explican cómo se forma o cuál es la causa del acné:

P18.E17. C”D, el acné es producido por bellos que quieren salir y que no pueden porque el poro esta sellado, o porque el polvo sella el poro. Tiene muchas razones y el bello no sale, se taponan en la piel y se forma el absceso de grasa.”

P18E.26. “CD, se produce el acné en los adolescentes ya que por la mayoría de veces estamos experimentando un cambio hormonal o muchas veces por herencia genética y si estalla ya es porque son células muertas en nuestra piel”

En las respuestas anteriores se puede observar que algunos atribuyen la causa del acné a los poros tapados, a la acumulación de grasa, y a cambios hormonales, pero en ninguna respuesta se observa una explicación completa y coherente de acuerdo a la morfología del folículo piloso, de las glándulas sebáceas y sus funciones en la eliminación de células cutáneas muertas. Tampoco explican que el taponamiento ocasiona acumulación de suciedad, bacterias y que puede generarse un proceso inflamatorio; además, no se hace ningún tipo de diferenciación entre las clases de acné.

Podemos concluir que en el análisis de esta subcategoría no encontramos en las respuestas dadas por los estudiantes explicaciones a nivel molecular, explícitamente no encontramos que diferencien algunos componentes básicos del sistema inmune como las barreras naturales o las células como neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos que cumplen funciones específicas en los procesos de fagocitosis e inflamación. Encontramos que de manera general asocian los microorganismos con las infecciones y sólo algún estudiante relaciona células como eosinófilos, neutrófilos y leucocitos con la producción de pus.

4.1.1.2. Modelo Clásico de la subcategoría fagocitosis

En este modelo se compara el sistema inmune como un sistema militar o de defensa. En esta analogía, el funcionamiento del sistema inmune se activa frente a una amenaza proveniente “del exterior, percibida como externa y cuya función es atacar o combatir lo extraño. A continuación se muestran algunas respuestas en las cuales se infiere que los estudiantes consideran el sistema inmune como un sistema clásico:

P10.E4. “Esas placas blanquecinas se pueden formar porque las defensas del cuerpo las combaten y así poder ser expulsadas y bajar la inflamación de las amígdalas.”

P10.E22. “Estas placas son las defensas que atacan las bacterias o virus que entran por el aire, ocasionando que actúen y no pasen de allí.”

P10.E25. “Se forman debido a los leucocitos que llegan atacar la infección en las amígdalas.”

En las respuestas de los estudiantes se identifican las características del modelo clásico, las defensas son las encargadas de atacar bacterias o virus que han entrado del exterior como se puede evidenciar en las respuestas P10.E4, P10.E22, P10.E25, pero en estas expresiones se dice de manera general que son las defensas las que atacan o combaten a los microorganismos, no se puede saber quiénes o qué son las defensas ni cuáles son los mecanismos que permiten eliminar el agente extraño. En la expresión P10.E25 se especifica que son los leucocitos los que llegan a atacar la infección, aquí ya se asigna la función de ataque a los linfocitos, pero tampoco se hace explicación de cómo atacan, además en esta respuesta no se hace explicación de los causantes de la infección.

4.1.2. Subcategoría inflamación

La inflamación es un proceso que se da a nivel tisular y se constituye de una serie de fenómenos moleculares, celulares y vasculares. Se trata de un mecanismo de defensa del organismo como respuesta a agresiones físicas, químicas o biológicas.

Clásicamente la inflamación se ha considerado integrada por los cuatro signos de Celso: Calor, Rubor, Tumor y Dolor. El calor y rubor se deben a las alteraciones vasculares que determinan una acumulación sanguínea en el foco. El tumor se produce por el edema y acúmulos de células inmunitarias, en cambio el dolor se produce por la actuación de ciertos mediadores sobre las terminaciones nerviosas del dolor.

En la red semántica observamos que en algunas respuestas de esta subcategoría se establecen relaciones entre inflamación, respuesta y mecanismo de defensa, inflamación y

enrojecimiento; inflamación y dolor (ver figura 8). Además aparecen los modelos explicativos: clásico y científico.

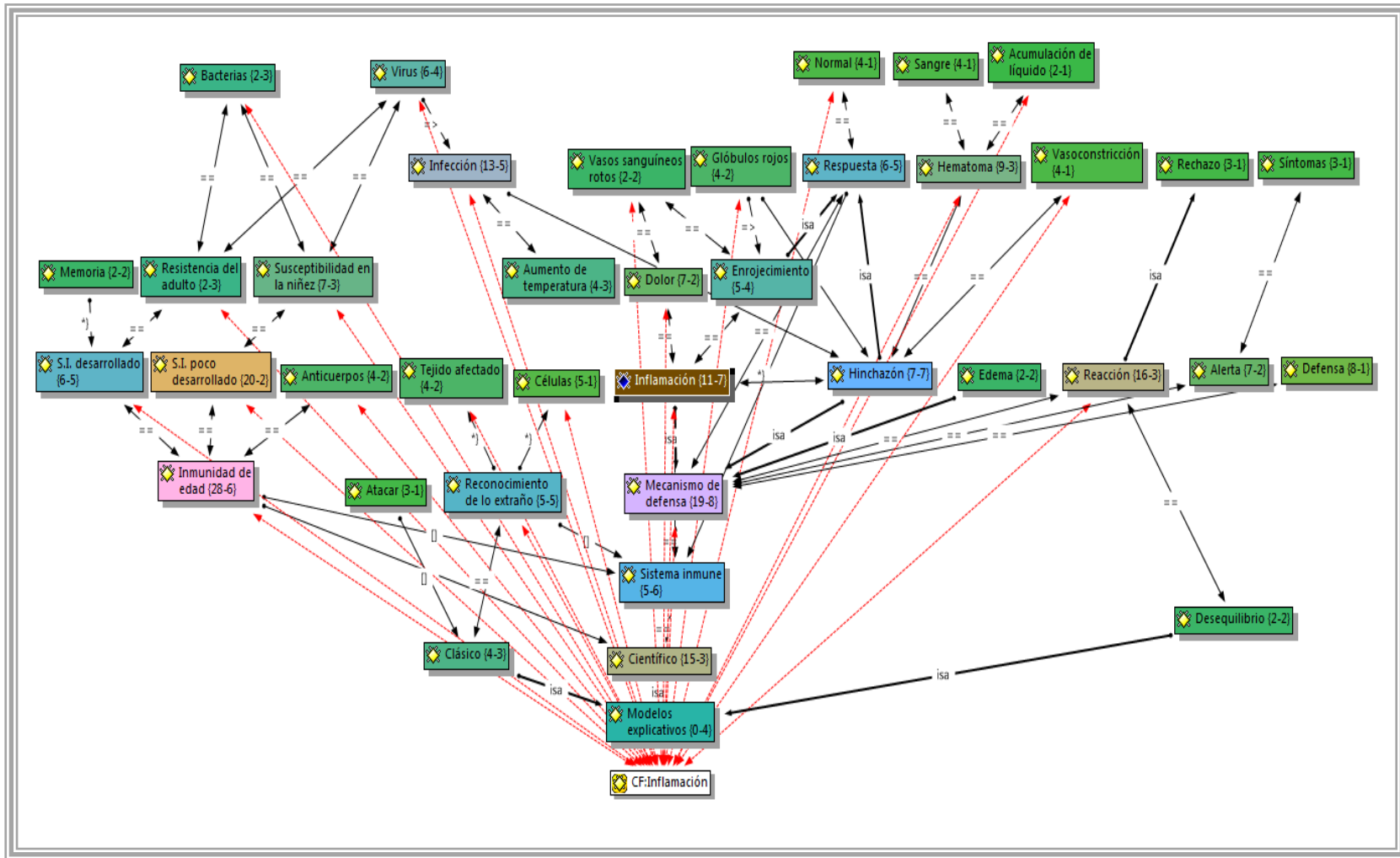


Figura 8. Red semántica sobre la subcategoría inflamación.

4.1.2.1. Modelo científico de la subcategoría inflamación

En el análisis relacionamos el modelo científico con el sistema inmune y de aquí se desprende la inmunidad de edad, reconocimiento de lo extraño y mecanismo de defensa. La inmunidad de edad es un elemento constitutivo de la inmunidad natural y en la red se relaciona con sistema inmune poco desarrollado, sistema inmune desarrollado y anticuerpos; reconocimiento de lo extraño es una de las funciones del sistema inmune y en la red lo relacionamos con tejido afectado y células. Mecanismo de defensa está relacionado con inflamación, hinchazón, edema, reacción, alerta y defensa. A continuación analizaremos las relaciones que establecen los estudiantes.

En general, encontramos que el término sistema inmune lo usan algunos estudiantes para explicar que este sistema actúa ante microorganismos o toxinas causando hinchazón y enrojecimiento, produciendo temperatura, como puede observarse en las siguientes respuestas:

P13.E10. “CA. Esto se debe a que el mosquito deposita estos microorganismos y entonces actúa inmediatamente nuestro sistema inmune ante estos anticuerpos causando la hinchazón y enrojecimiento y la alta temperatura en nuestro tejido.”

P13.E12. “CA. Porque el mosquito al picarnos nos inyecta alguna toxina y esta hinchazón, enrojecimiento y temperatura es la respuesta del nuestro sistema inmunológico contra esa sustancia desconocida.”

P13.E34. “CA. El mosquito al picarnos deja una sustancia ajena al organismo y este para contrarrestar dicha sustancia o bacteria utiliza su sistema inmune, subiendo la temperatura corporal y trata de expulsarla del cuerpo (glóbulos blancos).”

En el 11% de estas respuestas los estudiantes mencionan que la hinchazón, el enrojecimiento y la temperatura, son la respuesta del sistema inmune contra microorganismos o contra toxinas y otros mencionan que son reacciones del sistema inmune. Podemos decir de las respuestas anteriores, que los estudiantes retoman las palabras expresadas en la pregunta planteada para decir simplemente que la hinchazón, el enrojecimiento y el aumento de temperatura, cuando nos pica un mosquito, es una respuesta

o una reacción del sistema inmune; los estudiantes no hacen referencia a ningún tipo de mecanismo de defensa, no dan explicaciones a nivel molecular, no explican cuál es el origen del enrojecimiento, la hinchazón o el aumento de la temperatura.

En la respuesta P13.E10, encontramos que el estudiante se refiere a los microorganismos como anticuerpos, pues como podemos ver, utiliza el término anticuerpo, pero no identifica el anticuerpo como una glicoproteína (inmunoglobulina) generada por los linfocitos B; el término anticuerpo es usado en el lenguaje cotidiano e incluso, el personal del área de la salud se refiere a las inmunoglobulinas como anticuerpos.

4.1.2.1.1. Inflamación dolor – enrojecimiento - temperatura

Rubor, tumor, color y dolor son considerados los “síntomas cardinales” de la inflamación; Aulo C. Celso fue quien introdujo estos términos en sus libros “De Medicina” (García, 2008) y Galeno consideró un quinto síntoma: el trastorno funcional. En el lenguaje cotidiano se hace mención a un proceso inflamatorio por la presencia de enrojecimiento, dolor, aumento de temperatura e hinchazón o edema, términos que coinciden con los descritos por Celso. El enrojecimiento o rubor se generan por la vasodilatación capilar, el aumento local de la temperatura (calor) por la vasodilatación con aumento del flujo sanguíneo, la hinchazón por la extravasación de plasma y acumulación fagocitaria (tumor) y sensación dolorosa de mayor o menor intensidad (dolor) por la destrucción tisular y la irritación de las terminaciones nerviosas.

En el 10% de las respuestas, los estudiantes simplemente mencionan que la inflamación se relaciona con producción de dolor, enrojecimiento o temperatura; no se refieren al fenómeno fisiológico que produce enrojecimiento como la vasodilatación y aumento de la presión en los vasos sanguíneos que rodean el tejido afectado y mucho menos se refieren a las moléculas que generan dolor; además hay un desconocimiento total que en algunas células del sistema inmune se desencadenan procesos moleculares de bioseñalización que conllevan a la degranulación de sustancias que generan dolor como las quininas (bradiquinina, kaliceína) y las prostaglandinas; además desconocen que, algunas

prostaglandinas como la PGE2, la PGG2, la PGD2 y la prostaciclina contribuyen a la vasodilatación y al enrojecimiento que se presenta en la inflamación y participan en la formación de edema porque potencian la acción de la histamina y de la bradiquinina. Las quininas como la bradiquinina aumentan la permeabilidad vascular, inducen la vasodilatación y producen dolor (Cano y Rojas, 2010, citados por Orrego y Tamayo, 2013).

A continuación se muestran ejemplos de repuestas en las que hay ausencia de explicaciones a nivel molecular:

P3.E17. “Cuando ocurre esto la zona afectada se inflama y muchas veces causa un morado; se afectan algunos vasitos o podría haber una inflamación o hinchazón del músculo y esta causaría mucho más dolor.”

P9.E10. “Sucede cuando se cae el niño se infecta su rostro debido a la caída, ahí llega el sistema a contrarrestar la infección causando la hinchazón y su dolor en su rostro.”

Como se observa en la respuesta P3.E17., hinchazón e inflamación se consideran sinónimos, no se tiene el conocimiento de que la inflamación es un proceso que genera, entre otros eventos ya mencionados, el edema, que en el lenguaje cotidiano se conoce como hinchazón.

Encontramos algunas respuestas en las cuales se atribuye como causa de enrojecimiento a la acumulación de glóbulos rojos en el sitio afectado, pero no explican que a causa de los fenómenos de vasodilatación y aumento de la presión sanguínea, se produce una circulación lenta y las células sanguíneas se concentran, esta concentración también es consecuencia de la trasvasación de líquidos, por lo tanto los eritrocitos o glóbulos rojos hacen un aporte importante al proceso de enrojecimiento. A continuación se muestra una respuesta:

P9.E1. “Cuando el niño se golpeó, inmediatamente los glóbulos rojos llegan al lugar donde el niño sufrió El golpe por este motivo se produjo el enrojecimiento.”

En la respuesta que aparece a continuación se dice que son los glóbulos rojos los que producen hinchazón y enrojecimiento, pero no explican cómo ni por qué, esta respuesta deja ver que el estudiante no identifica las células que hacen parte del sistema inmune y por lo tanto no reconoce sus funciones:

P3.E1. “Porque nuestro organismo es muy inteligente y cuando nos golpeamos las células y el tejido identifican un cuerpo extraño y los glóbulos rojos actúan inmediatamente produciendo hinchazón y enrojecimiento.”

En la siguiente respuesta, se expresa que el enrojecimiento y el dolor son causados al romperse los vasos sanguíneos, destacamos esta respuesta porque coincide con la explicación dada por Rokitansky a finales del siglo XIX, quien postuló que la inflamación es producto del daño de las paredes de los vasos sanguíneos, éste es un postulado del modelo científico ubicado en el siglo XIX y en la actualidad ya se conocen las causas del enrojecimiento y el dolor como se ha mencionado anteriormente.

P9.E7. “Al golpearse la cara el niño pudo haberse roto algunos vasos sanguíneos, lo cual causaría enrojecimiento y mucho dolor.”

4.1.2.1.2. Relación hinchazón - respuesta - reacción

“El término inmunidad deriva de la palabra latina *immunitas*, y este término en la antigua Roma designaba la protección ofrecida a los senadores como defensa frente a cualquier acción judicial durante el ejercicio de su cargo” (Abbas y Lichtman, 2008). El término inmunidad en el desarrollo histórico de la enfermedad quería decir protección contra la enfermedad, específicamente contra la enfermedad infecciosa.

Las células que constituyen el sistema inmunitario y sus productos son los encargados de reaccionar conjuntamente y de manera coordinada frente a la presencia de sustancias extrañas, esta reacción conjunta y coordinada se denomina respuesta inmunitaria, en la inmunología de Abbas y Lichtman (2008), encontramos la siguiente expresión: “la defensa

contra los microorganismos tiene lugar a través de las primeras reacciones correspondientes a la inmunidad innata y las respuestas posteriores a cargo de la inmunidad adaptativa. Hacemos esta aclaración porque en algunas respuestas encontramos que algunos estudiantes se refieren al término reacción y otros hablan de respuesta y al revisar la literatura y analizar el contexto de las respuestas podemos determinar que el sentido de los términos reacción o respuesta son equivalentes para este análisis.

Cuando planteamos la pregunta “3. Cuando nos golpeamos se produce hinchazón en la zona afectada, puedes explicar por qué”, en la cual encontramos el término hinchazón, pensamos que los estudiantes podrían referirse a la hinchazón como una de las manifestaciones o síntomas del proceso inflamatorio, pero encontramos diversas respuestas que se analizan a continuación:

P3.E13. “La hinchazón es la reacción que toma la zona afectada. Es la respuesta que da el organismo a estas cosas.”

P9.E2. “Se pego tan duro que cause un gran daño en su cara el enrojecimiento y la hinchazón es la reacción del cuerpo por la zona afectada.”

P9.E27. “Cuando el niño se golpea la cara y se produce hinchazón es una reacción del cuerpo.”

Como se observa en las respuestas P3.E13., P9.E2., y P9.E27., se considera la hinchazón como una reacción de la zona afectada por un golpe o como la respuesta del organismo: en este caso, es el mismo tejido o en general el cuerpo el que genera una respuesta, pero no se menciona al sistema inmune como el responsable de generar la respuesta inmune. Los estudiantes se refieren de manera general, no describen términos específicos del lenguaje científico y en algunas respuestas simplemente mencionan al sistema inmunológico como responsable de la hinchazón.

4.1.2.1.3. Relación hinchazón – enrojecimiento- aumento de temperatura - dolor

Para el 6% de los estudiantes - como se ve en la respuesta P9.E1.-, el enrojecimiento se produce por la llegada de glóbulos rojos al sitio afectado por el golpe, en esta respuesta no se hacen explicaciones en profundidad; por ejemplo, está descrito que en las reacciones de hipersensibilidad inmediata que son mediadas por la IgE y por los mastocitos, en una persona a la que se le inyecta un alérgeno, o le pica un insecto, el lugar de la inyección o lugar de la picadura se enrojece por una dilatación local de los vasos sanguíneos, que se hallan totalmente ocupados por glóbulos rojos, después de este fenómeno se origina tumefacción (llamado habón) por salida de plasma de las vénulas que contienen macromoléculas que generan el enrojecimiento y la tumefacción local, posteriormente los vasos sanguíneos del habón se dilatan y se llenan de eritrocitos produciendo un ribete rojizo llamado eritema; habón y eritema desaparecen en poco tiempo. En general se atribuye el enrojecimiento al proceso de vasodilatación, aumento de la presión sanguínea, circulación lenta y acumulación de eritrocitos (Orrego y Tamayo, 2013).

P9.E1. “Cuando el niño se golpeó, inmediatamente los glóbulos rojos llegan al lugar donde el niño sufrió el golpe por este motivo se produjo el enrojecimiento, hay dolor porque el tejido identifico un cuerpo extraño y por este motivo hay hinchazón y aumento de temperatura.”

En la respuesta además, se atribuye la causa de la hinchazón y del aumento de temperatura a la presencia de un cuerpo extraño que produce dolor, pero podemos observar que el dolor no se atribuye a ninguna molécula en particular, esto nos demuestra que no hay conocimiento de los procesos moleculares que acompañan la inflamación.

En la respuesta P3.E14 podemos observar que se asigna como causa de hinchazón la acumulación de sangre y se asume que la sangre aporta sustancias para combatir el dolor y no que algunas células del sistema inmune producen sustancias para generar dolor.

P3.E14. “La hinchazón es debido a que se acumula más sangre mas sustancias para combatir este dolor, es decir según agentes que colaboran para recuperar la parte infectada.”

4.1.2.1.4. Relación hinchazón - vasoconstricción

Está descrito en la literatura que en los procesos inflamatorios suceden cambios hemodinámicos que se manifiestan en el calibre y en el flujo de los vasos sanguíneos, en los cuales en un momento inicial se produce vasoconstricción transitoria de las arterias y luego se produce vasodilatación e hiperemia o aumento del flujo sanguíneo como causa del enrojecimiento y aumento de la temperatura. En las respuestas que aparecen a continuación solo se dice que la vasoconstricción produce inflamación:

P3.E3. “Las hinchazones se dan porque cuando hay un golpe la zona afectada experimenta una vasoconstricción, lo que provoca la inflamación.”

P3.E5. “Porque hay una vasoconstricción donde los tejidos de la parte afectada se interrumpe y crean desestabilización del bazo y se produce hinchazón y moretones.”

P3.E25. “Porque ocurre una vasoconstricción en la zona afectada, aumentando en primer lugar el flujo sanguíneo, y a su vez causando la hinchazón en la zona.”

4.1.2.1.5. Inmunidad de edad

La inmunidad de edad es una subcategoría emergente, que establecimos al reconocer en las respuestas de los estudiantes algunas características de este tipo de inmunidad natural. En ninguna respuesta encontramos el término inmunidad de edad como tal.

La inmunidad de edad es un elemento constitutivo de la inmunidad natural como lo son también la inmunidad de raza, la inmunidad de especie, las características genéticas y algunos factores metabólicos y hormonales, es importante tener en cuenta la inmunidad de edad porque en la niñez el sistema inmune empieza a desarrollarse y en la edad adulta empieza a decaer en su capacidad funcional, por lo tanto son dos etapas de la vida en las cuales se es más susceptible de adquirir enfermedades infecciosas o padecer otro tipo de afecciones en las cuales tienen implicaciones importante este sistema, como el cáncer por ejemplo (Ibíd.).

Tiene relaciones importantes este tipo de inmunidad con la inmunidad adquirida puesto que se nace con un sistema inmune poco desarrollado y después de nacer se reciben inmunoglobulinas (anticuerpos) en el calostro y la leche, pero este tipo de inmunidad no perdura en el tiempo sino que ayuda mientras se adquiere inmunidad por otros procesos como la vacunación o las enfermedades infecciosas, es decir que el sistema inmune de los niños necesitan tener contacto con diferentes agentes patógenos para aprender a defenderse de ellos de manera específica y adicionalmente guardar memoria de esos procesos para iniciar una respuesta inmune más fuerte contra el microorganismo cuando esté en contacto con él por segunda vez.

A continuación se presentan algunas respuestas de los estudiantes en las cuales hacen referencia al sistema inmune poco desarrollado en la niñez y al sistema inmune desarrollado en la edad adulta:

P12.E15. “A. No tenemos las mismas defensas que posee una persona adulta, y en la niñez estamos más expuestos a los animales, al polvo, etc., a muchos factores que puedan ser los que ocasionan la alergia”,

P12.E23. “CA. Es cierto porque en la niñez no se ha desarrollado completamente el sistema inmune por esto es que en la niñez es cuando más vacunas le colocan.”

P12.E27. “CA. Si porque en la niñez se están desarrollando anticuerpos y es más propenso de sufrir enfermedades contagiosas en la niñez.”

En las respuestas observamos relación de la inmunidad de edad con la inmunidad adquirida, expresan, por ejemplo, que en la edad adulta se sabe cómo actuar contra virus, bacterias y, en este caso, se estarían refiriendo a la memoria que se adquiere cuando se tiene contacto con un agente extraño, sin hacerlo explícito; además, algunos expresan que en la edad adulta el cuerpo se vuelve resistente, mientras que, en la niñez es más susceptible de padecer afecciones (Orrego, et al., 2012).

En la respuesta P12.P27 se dice que se están desarrollando anticuerpos, pero no se explica de qué manera, no se hace referencia a las células productoras de anticuerpo, vemos que usualmente los estudiantes usan el término más común en el lenguaje cotidiano. Es importante resaltar en la respuesta el término enfermedad contagiosa, pero no podemos identificar si realmente sabe que las enfermedades infecciosas son ocasionadas por microorganismos.

En el texto P12.E23 se expresa que la niñez es la época en la cual se ponen más vacunas, aparece el término vacuna, pero no se explica para qué sirven.

En esta respuesta: P12.E15., podemos observar que el estudiante reconoce algunos factores que pueden generar alergia, en este caso se estaría refiriendo a los alérgenos, sustancias que generan los procesos alérgicos, pero en el contexto cotidiano no se habla de este término.

En el 24% de las respuestas evidenciamos que los estudiantes tienen claro que en la niñez no se han desarrollado las defensas, mientras que en la edad adulta sí. En las respuestas observamos relación de la inmunidad de edad con la inmunidad adquirida porque expresan que en la edad adulta se sabe cómo actuar contra virus y bacterias; en este caso se estarían refiriendo a la memoria que se adquiere cuando se tiene contacto con un agente extraño. Además, algunos estudiantes expresan que en la edad adulta el cuerpo se vuelve resistente, mientras que en la niñez se es más susceptible de padecer afecciones.

A continuación se muestran respuestas que expresan estos puntos de vista.

P12.E3. “CA. Porque en la edad adulta, nuestro organismo tiene más defensas y sabe cómo actuar ante diferentes virus y bacterias porque ya los reconoce.”

P12.E28. “A. Porque en la adultez es donde se tienen más defensas, en cambio en la niñez es donde se tienen muy pocas defensas y es más y es más fácil que se le produzca una alergia.”

P12.E12. “A. A medida que vamos creciendo nuestro organismo va creando diferentes tipos de anticuerpos volviéndonos más resistentes con el paso del tiempo.”

4.1.2.2. Modelo Clásico de la subcategoría inflamación

Como ya se ha mencionado anteriormente en el modelo clásico la inmunidad es considerada un proceso que tiene como finalidad reconocer lo extraño y atacarlo como sucede en un sistema militar (Varela, 1997).

A continuación encontramos algunas respuestas que expresan que el cuerpo o las células identifican el agente extraño y otras que mencionan que algunas células o nuestro cuerpo atacan o combaten lo extraño, estos son términos característicos del modelo clásico de la inmunidad. Como se ve en la respuesta P13.E1., se asigna a los glóbulos rojos la función de atacar; así nos damos cuenta que este estudiante no diferencia las funciones de las células sanguíneas. En ninguna respuesta se explica en qué consiste el ataque al agente extraño:

P13.E1. “A. Porque cuando el mosquito pica las células inmediatamente identificar el cuerpo extraño, produciéndose un edema, y se enrojece porque llegan cantidad de glóbulos rojos a atacar el cuerpo extraño”

P13.E30. “CA. Entra a nuestro cuerpo un agente extraño y estos son los síntomas de alerta para combatirlo.”

P12.E4. “CA. En la niñez nuestro cuerpo en crecimiento y constante cambio, y a medida que crecemos los virus van siendo reconocidos por nuestro organismo para atacarlos.”

Lo relacionado con atacar, lo ampliaremos en el análisis ontológico, específicamente en las concepciones analógicas.

4.1.3. Subcategoría inmunidad natural

A continuación presentamos a red semántica de la subcategoría inmunidad natural y su respectivo análisis:

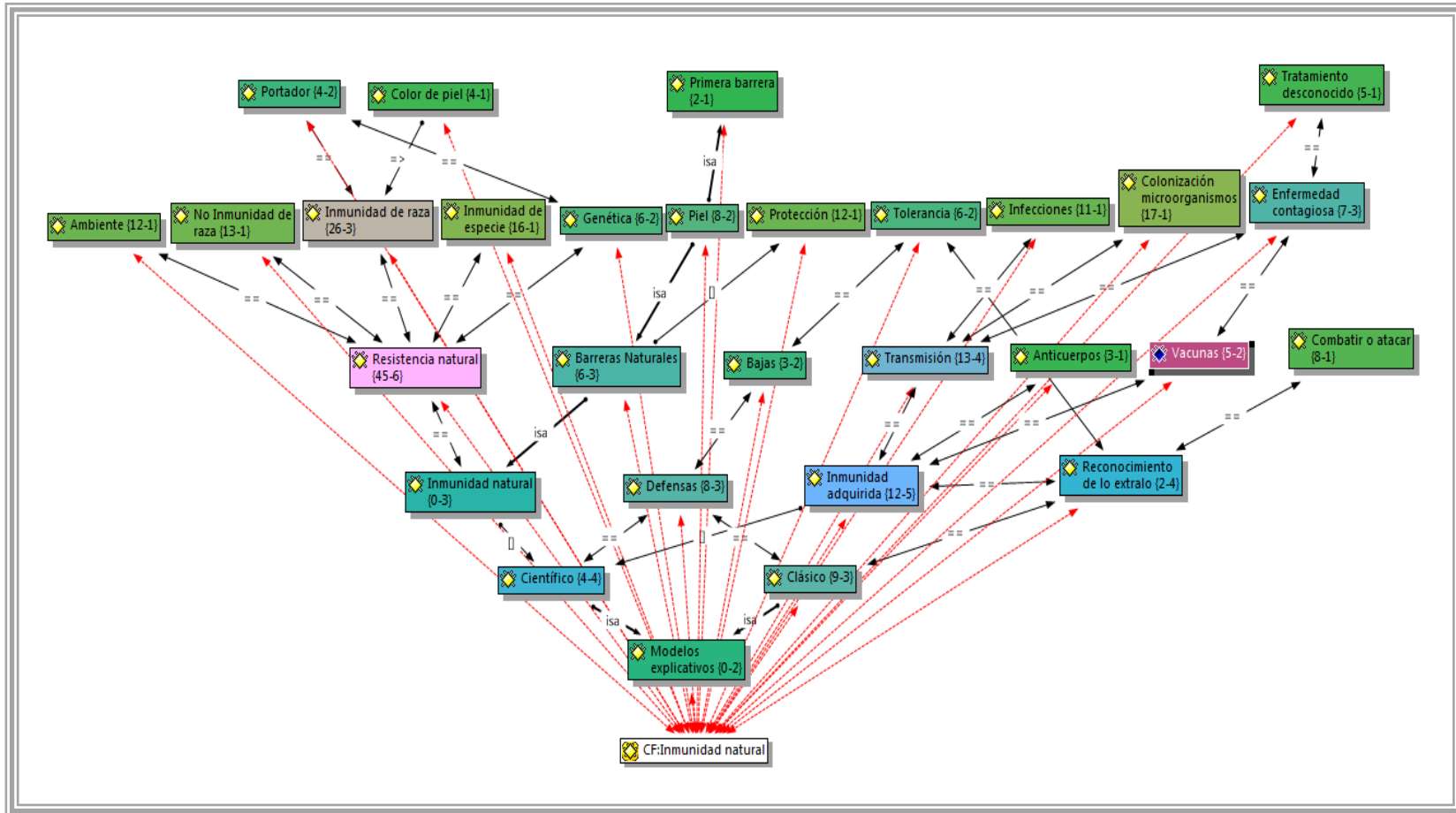


Figura 9. Red semántica de la subcategoría inmunidad natural.

La inmunidad innata denominada también inmunidad natural, representa la primera línea de defensa del organismo, es el mecanismo de defensa más antiguo desde el punto de vista filogenético. La inmunidad innata es el conjunto de mecanismos que tiene todo ser vivo constitutivamente para actuar contra los microorganismos patógenos desde el momento en que ingresan a un hospedero, para tratar de controlarlos y si no puede controlarlos inducir una respuesta más especializada. La inmunidad innata tiene algunas características: es de acción rápida y tiempo de respuesta inmediata, no es selectiva (Rojas, 2010; Abbas y Lichtman, 2008).

Como elementos constitutivos de la inmunidad natural tenemos las barreras físicas como la piel y las mucosas, son elementos constitutivos de la inmunidad innata y tienen la función de impedir el ingreso de microorganismos. Mecanismos de defensa inespecíficos como la fagocitosis y la inflamación cuya función es destruir microorganismos intracelular y extracelularmente, respectivamente; sistemas enzimáticos como el sistema del complemento, la coagulación y el sistema de las kininas que amplifican la respuesta inmune y moléculas que ayudan a la destrucción como hidrolasas, radicales de oxígeno (Orrego y Tamayo, 2013), todos son componentes de la inmunidad innata.

En el análisis de la información correspondiente a la categoría inmunidad natural, categorizamos los modelos explicativos como sub-subcategoría e identificamos dos modelos explicativos: el clásico y el científico. Como se observa en la red semántica el modelo científico está relacionado con inmunidad natural, con inmunidad adquirida y con defensas y el modelo clásico está relacionado con el reconocimiento de lo extraño.

En esta subcategoría se plantearon preguntas para explorar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre algunos factores constitutivos o tipos de inmunidad innata como la inmunidad de especie, la inmunidad racial, la inmunidad de edad y las características genéticas.

4.1.3.1. Modelo científico de la subcategoría inmunidad natural

A continuación se hace el análisis de sub-subcategorías relacionadas con el modelo científico: inmunidad natural, inmunidad adquirida y defensas.

4.1.3.1.1. Inmunidad natural

En la relación del modelo científico con la inmunidad natural encontramos que el 41% de los estudiantes expresan que muchos individuos presentan resistencia a sufrir algunas enfermedades causadas por agentes patógenos, esta resistencia la denominamos resistencia natural por ser el tipo de resistencia que confieren los factores constitutivos de la inmunidad innata. Esta resistencia está relacionada con las inmunidades de raza, de especie y los factores genéticos.

4.1.3.1.1.1. Inmunidad de especie

La rabia es una enfermedad infecciosa causada por Lyssavirus, este virus afecta a todos los mamíferos y se transmite por medio de secreciones infectadas cuando se es mordido por un animal infectado. La especie animal tiene influencia sobre el período de incubación del virus de la rabia porque los animales tienen un grado variable de susceptibilidad, por ejemplo, los zorros, los gatos y los bovinos se encuentran entre los animales altamente susceptibles; el perro, los monos y el hombre entre los de susceptibilidad intermedia y los zorrillos, murciélagos y ratas se encuentran entre los animales de alta resistencia. La edad tiene una influencia importante sobre la susceptibilidad a este virus, siendo más susceptibles los lactantes que los adultos y los viejos (Expert committee on rabies, 6th report world health organization. Switzerland, 1973).

En las respuestas que aparecen a continuación encontramos que los estudiantes manifiestan que las ratas son inmunes al virus de la rabia porque tienen un sistema inmunológico especializado que les permite ser resistentes, en estas respuestas podemos ver que tienen el concepto de resistencia natural asociado a la inmunidad de especie aunque no se refieran de manera explícita a la inmunidad de especie y no identifican este tipo de inmunidad como

parte de la inmunidad natural. En las respuestas algunos mencionan que el virus se contagia de manera directa, pero no se menciona la forma de transmisión del virus a través de mordedura de animales infectados ni la forma de entrar a las células que afecta.

P2.E1. “Porque las ratas pueden ser inmunes ante esta enfermedad, pero nosotros no y cualquier contagio directo con una rata que este infectada con rabia nos contagiaría inmediatamente.”

P2.E12. “Las ratas tienen un sistema inmunológico especializado para no ser afectadas por tal virus.”

P2.E14. “Seguramente la rata tiene antígenos para combatir este virus, lo cual hace que no tenga ninguna reacción en su cuerpo. Nosotros no tenemos las defensas necesarios para combatir este virus nos causa efecto en nuestro organismo.”

En el texto P2.E14., el estudiante dice que la rata tiene antígenos para combatir este virus, vemos en esta respuesta dificultad para comprender el concepto de antígeno, parece que se confunde con el concepto de anticuerpo.

4.1.3.1.1.2. Inmunidad de raza

Para indagar sobre inmunidad de raza planteamos que al 80% de las personas de raza negra el *Plasmodium vivax* no les causa malaria, mientras que la mayoría de blancos son infectados por este parásito; para explicar el fenómeno respondieron:

P7.E12. “La raza afroamericana tiene mucha más resistencia y vienen genéticamente adaptados a este parasito.”

P7.E19. “Porque los de raza negra tiene mecanismo que los defienden contra eso.”

P7.21. “Quizás las personas de raza blanca son más propensos a padecer este virus, los de raza negra pueden ser más fuertes ante esto debido a su tipo de piel.”

P7.E32. “Puede que estas personas sean más inmunes ya que se puede pasar por genes y no les afecte la enfermedad.”

Como sucede con la inmunidad de especie, los estudiantes tienen el concepto de inmunidad de raza, pero no se refieren como tal al concepto; para referirse a este tipo de inmunidad hablan de resistencia o susceptibilidad y en pocas respuestas encontramos que se refieren a los factores genéticos (P7.E12., P7.E32.), pero en todos los casos de manera muy general. Resaltamos nuevamente que hay desconocimiento de los agentes etiológicos de las enfermedades infecciosas puesto que describen que la malaria es causada por un virus, a pesar que en la pregunta planteada se dice que es producida por el parásito *Plasmodium vivax*. Destacamos además, que no se conocen los mecanismos moleculares a través de los cuales el microorganismo entra a las células hospederas; las personas de raza blanca, poseen en las membranas de los eritrocitos un antígeno del grupo Duffy que sirve de receptor para el *Plasmodium*.

4.1.3.1.1.3. Barreras naturales

En la subcategoría inmunidad natural encontramos relación con respuestas que se refieren a las barreras naturales como un medio de protección y la barrera natural referida es la piel, la cual es considerada en dos respuestas como primera barrera de protección (P8.E15. y P8.E25.). Las respuestas se refieren a la piel como medio de protección y se menciona el término barrera, pero no barrera natural como se puede observar en las siguientes respuestas:

P8.E15. “Porque al sufrir daños por quemaduras la piel que es la primera barrera de protección para nuestro cuerpo se lesiona e incluso depende del tipo de quemadura puede lesionar muchas cosas más. Por esto al estar en un centro médico en esas condiciones son más propensos a que los microorganismos los puedan infectar más fácil debido a las lesiones de la piel.”

P8.E25. “Porque son pacientes que al no tener piel o tenerla en mal estado son más susceptibles a microorganismos, ya que para estos es más sencillo entrar al huésped, pues la piel es la primera barrera contra estos.”

En la respuesta P8.E25., se puede observar que se habla del término huésped para hacer referencia al organismo colonizado por un microorganismo. Este término, en el lenguaje

hablado y escrito ha sido ampliamente utilizado, pero aclaramos en este texto que el término más adecuado es hospedador u hospedero porque hace referencia al organismo que alberga un microorganismo.

4.1.3.1.2. Defensas

La subcategoría modelo científico la relacionamos también con el término defensas porque los estudiantes expresan que éstas pueden estar bien o mal desarrolladas en un individuo o pueden estar bajas y esto puede favorecer el desarrollo de microorganismos. Observamos que el 8% de los estudiantes se limitan a hablar de defensas, en la respuesta P6.E4., se habla de la baja producción de leucocitos, pero no se menciona la función de estas células, no se explica ningún mecanismo de defensa como se puede observar a continuación:

P8.E33. “Porque estaba más expuestos directamente al ambiente que donde sabemos hay millones de bacterias presentes y además están en una condición donde de pronto por el mismo accidente las defensas pueden disminuir.”

P16.E4. “A, su organismo no desarrolla buena cantidad de defensas, antígenos que al ingresar en el cuerpo se desarrollan rápida y fácilmente.”

P6.E.4. “Estos indígenas morían por enfermedad porque sus organismos eran muy débiles, sus sistemas inmunológicos fallan, no tienen defensas siendo baja la producción de leucocitos y esto los hacía más propensos a contagiarse.”

4.1.3.1.3. Inmunidad adquirida- transmisión- infección- colonización de microorganismos

La inmunidad adquirida se obtiene de manera activa naturalmente cuando se padece una enfermedad infecciosa causada por microorganismos o, se adquiere de manera activa artificialmente por aplicación de vacunas. En esta subcategoría, encontramos respuestas en las cuales se asocia la transmisión de microorganismos con las infecciones, con la colonización de microorganismos y con la enfermedad contagiosa. Encontramos dificultades en la comprensión sobre el concepto de enfermedad infecciosa o contagiosa,

dificultad para reconocer que algunos microorganismos como bacterias o virus son causantes de enfermedades específicas, algunos estudiantes creen que las enfermedades son los microorganismos; desde el siglo XVIII, Pasteur y Koch identificaron a los microorganismos como agentes etiológicos de enfermedades infecciosas y aún en nuestra época no se tiene claridad sobre estos conceptos.

En la literatura científica el establecimiento de un microorganismo en la superficie o en el interior de un hospedero se denomina colonización y al fenómeno de reproducción, que determina o no una respuesta inmune, se le denomina infección. Cuando además de la colonización y de la infección, la respuesta del hospedador no es suficiente para controlar la proliferación del microorganismo, el proceso recibe el nombre de enfermedad infecciosa, en la cual se presentan signos y síntomas.

Se encuentra además que a las enfermedades infecciosas se les denomina también enfermedades transmisibles porque se pueden pasar de un individuo a otro y aclaramos aquí, que son los microorganismos los que se pueden transmitir entre los individuos y causar la enfermedad infecciosa.

A continuación se describe el análisis de algunas respuestas, a manera de ilustración, en las cuales están implicados algunos términos como transmisión, infección, enfermedad contagiosa y colonización de microorganismos.

4.1.3.1.3.1. Transmisión- infección

P2.E10. “Pero cuando muerde a alguien lo transmite y allí este virus se desarrolla causando la enfermedad.”

P2.E9. “Los seres humanos al ser mordidos, nos pasan virus, bacterias y demás infecciones que tenga la rata, debido a la mordedura que esta nos haga.”

P16.E1. “D, porque la tuberculosis es un virus que le puede caer a cualquier persona ya que se puede transmitir por medio de los fluidos corporales, siendo así susceptible para todos.”

En las respuestas anteriores se puede evidenciar que los estudiantes tienen claro que los virus son transmisibles y algunos mencionan la forma de transmisión por fluidos corporales o por mordeduras; pero estas respuestas dan una explicación general, no se hacen explicaciones moleculares de la forma como entran los virus a una célula hospedera. En el texto P16.E1., el estudiante cree que la tuberculosis es un virus; así, nos damos cuenta que no identifica la tuberculosis como una enfermedad infecciosa. Además, no reconoce que la tuberculosis es producida por una bacteria; es decir, en este caso no reconoce el agente etiológico de la tuberculosis. En la respuesta P2.E9., se hace referencia a la transmisión de infecciones, en este caso no se reconoce que la infección o enfermedad infecciosa es causada por agentes patógenos, se cree que los microorganismos son la infección; podemos decir entonces que las respuestas P16.E1. y P2.E9., tienen en común dificultad para reconocer conceptos como agente etiológico y enfermedad infecciosa.

En términos generales en las respuestas anteriores se habla de transmisión de microorganismos y uno de los principales postulados del modelo científico en inmunidad es la “transmisión del agente etiológico”, es un concepto de la inmunidad adquirida, aunque los estudiantes no se refieren a este término.

4.1.3.1.3.2. Colonización de microorganismos

P8.E2. “Porque la zona afectada queda expuesta a que entren o se adhieran microorganismos malignos que producen enfermedades o causar una gran infección que retrase la recuperación del paciente.”

P8.E4. “Porque su cuerpo, su piel no está completamente cubierta y protegida es más fácil que los microorganismos se incorporen por la dermis y cause una grave infección que puede complicar la vida del paciente.”

P8.E16. “Porque ellos están más expuestos por el hecho de no tener piel en ciertas partes del cuerpo esto hace más factible la entrada de microorganismos.”

En todas las respuestas se expresa que la piel es importante para proteger contra la entrada de microorganismos y cuando está alterada pueden ingresar más fácilmente, aunque los

estudiantes no lo mencionan, tienen el concepto de piel como barrera inmunológica y reconocen que cuando los microorganismos entran a través de la piel se generan infecciones. Lo que se puede deducir es que simplemente dicen que los microorganismos entran y causan infección, pero desconocen el concepto de colonización, infección y enfermedad infecciosa descritos anteriormente.

4.1.3.1.3.3. Enfermedad contagiosa

P6.E7. “Como los indígenas nunca habían sido contagiados por la gripe sus cuerpos nunca desarrollarían defensas contra este.”

P6.E9. “Estas personas morían, porque en sus enfrentamientos con gentes de distintas partes del país, llevaron bacterias u otra clase de enfermedad y debido a esto se contagiaban”.

En las respuestas anteriores se puede observar que los estudiantes creen que las enfermedades se contagian, no reconocen que los microorganismos son los que se transmiten causando enfermedades infecciosas. Como se mencionó en párrafos anteriores, en muchos textos científicos se expresa que las enfermedades son transmisibles porque se pueden pasar de un individuo a otro y estos conceptos se van incorporando a través de los conceptos enseñados o a través del saber cotidiano.

Como se observa en la respuesta P6.E9., parece ser que bacteria es sinónimo de enfermedad; una vez más podemos identificar en las respuestas un desconocimiento de los microorganismos como causantes de enfermedad infecciosa o infección. Podemos decir además, que el término enfermedad infecciosa no es común entre los estudiantes, usan el término contagio o enfermedad contagiosa.

Por otra parte, un portador es una persona o un animal, aparentemente sano de una enfermedad, que no presenta enfermedad clínica aparente, que alberga ese agente infeccioso y que pueda servir de agente de contagio. El estado de portador puede ocurrir en un individuo con una infección inaparente durante todo su curso portador sano o

asintomático o bien, durante los períodos de incubación, convalecencia o pos convalecencia en un individuo con una enfermedad clínicamente reconocible.

4.1.3.1.3.4. Vacunas

Desde finales del siglo XVIII época en que emergió la inmunología como ciencia, Edward Jenner logró la vacunación contra la viruela. Las vacunas generan protección contra las enfermedades infecciosas porque estimulan a largo plazo la acción de la inmunidad contra agentes patógenos. Las vacunas son de varios tipos, las más tradicionales se producen a partir de microorganismos muertos o atenuados, en los cuales la patogenicidad está disminuida y se conserva la acción antigénica; otras vacunas consisten en antígenos de superficie sintetizados químicamente; otras vacunas consisten en toxoides, toxinas desactivadas químicamente y otras vacunas son producto del ADN recombinante. En todos los casos lo que se busca es activar la inmunidad contra los agentes patógenos y que se guarde memoria para que cuando el microorganismo ingrese al hospedero, se desencadenen rápidamente mecanismos para controlarlos. La vacunación es un mecanismo artificial que permite a un organismo desarrollar la inmunidad adquirida.

Algunas respuestas son:

P6.E11. “Porque en ese tiempo no se sabía cómo inmunizar la gripe, pienso que por falta de conocimiento y de vacunas.”

P6.E26. “Los indígenas en América morían por gripe ya que como no tenían el suficiente conocimiento y vacunas y no era tratada a tiempo o no se le prestaba la suficiente importancia a estos virus que atacaban su organismo”.

P6.E35. “Antiguamente no habían tantos estudios y avances como lo hay hoy en día, no tenían los medios para explicar el por qué se daba la enfermedad y mucho menos para crear una vacuna que lo pudiera combatir.”

En respuestas en las cuales los estudiantes mencionan el tema de vacunas, podemos determinar que aunque usan este término, se sigue evidenciando la falta de diferenciación entre enfermedad infecciosa y agente patogénico; por ejemplo, en la respuesta P6.E11., se

hace referencia a la inmunización de la gripe; es decir, de la enfermedad, no se tiene claro que las vacunas inmunizan o protegen al individuo a quien se le aplica, es decir al hospedero que puede ser colonizado por patógenos. En la respuesta P6.E35., se tiene la creencia que la vacuna directamente combate al microorganismo, no que la vacuna induce mecanismos para que la inmunidad lo elimine. Podemos decir que se desconoce la función de las vacunas.

4.1.3.1.3.5. Anticuerpos

Como se ha mencionado anteriormente en este análisis, la generalidad es que las inmunoglobulinas sean denominadas en la mayoría de los ámbitos como anticuerpos, se describe la función de los anticuerpos como un factor de prevención de enfermedades, consideran que el desarrollo de los anticuerpos es fundamental para defender el organismos, pero no se dan explicaciones a nivel molecular, como se puede ver en las siguientes respuestas:

P7.E27. “Han desarrollado anticuerpos que no permiten la enfermedad.”

P6.E19. “Porque eran agentes patógenos que aun no se sabía cómo prevenirlos, no haba un tratamiento ni unos cuidados para quien la padecía. No existía un anticuerpo para ellos.”

P6.E16. “En ese entonces no tenían muchos cuidados e información sobre este tipo de cosas, lo que hacía que murieran por descuido o también por no tener desarrollado algún anticuerpo.”

Finalmente, unos pocos consideran que si no se desarrollan los anticuerpos no se puede defender el organismo contra los microorganismos. No se expresa qué es un anticuerpo.

4.1.3.2. Modelo clásico de la subcategoría inmunidad natural

El modelo clásico de la inmunidad está relacionado en la red, con el reconocimiento de lo extraño y una vez reconocido lo extraño, el sistema inmune se dispone a atacarlo o combatirlo.

P6.E1. “Porque la gripe es un virus, y los virus deben tratarse cuidadosamente ya que si no es así se pueden llegar a reproducir a un nivel mayor y traería desencadenamientos como al muerte.”

El estudiante afirma que la gripe es un virus, al parecer no diferencia los términos, enfermedad, microorganismo; al parecer no reconoce que el virus genera enfermedad infecciosa.

P16.E26. “D, porque sus microorganismos son más resistentes y poseen una célula que hace que esta enfermedad no se propague como en personas de raza blanca.”

En esta respuesta el estudiante considera que el individuo de raza negra tiene microorganismos más resistentes. Lo que muestra una dificultad para comprender la diferencia entre los patógenos y las células del sistema inmune.

En el 11% de las respuestas, encontramos que los estudiantes expresan que la resistencia de la raza negra se debe al color de la piel, no se tiene en cuenta el papel del sistema inmune ni los factores constitutivos como la raza, los factores genéticos:

P7.E21. “Quizás las personas de raza blanca son más propensos a padecer este virus, los de raza negra pueden ser más fuertes ante esto debido a su tipo de piel.”

Reconocen la función de la piel como barrera protectora:

P8.E32. “Ya que la piel esta tan afectada puede infectarse muy fácilmente ya que no hay la suficiente protección y por medio de la piel puede morir.”

P8.E25. “Porque son pacientes que al no tener piel o tenerla en mal estado son más susceptibles a microorganismos, ya que para estos es más sencillo entrar al huésped, pues la piel es la primera barrera contra estos.”

4.1.4. Subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa

La inmunidad adquirida denominada también inmunidad adaptativa, es la inmunidad que está a cargo de los linfocitos T (LT) o linfocitos timo dependientes, que maduran en el timo, y de los linfocitos B (LB). La inmunidad a cargo de los LT y sus productos (citocinas) se denomina inmunidad celular y la inmunidad a cargo de los LB y sus productos (anticuerpos o inmunoglobulinas) se denomina inmunidad humoral (Orrego y Tamayo, 2013).

Los linfocitos T y B van a los ganglios linfáticos, al bazo y a los acúmulos linfoides en espera de identificar antígenos y emprender diferentes procesos metabólicos que les permiten activarse y realizar procesos para eliminar los antígenos.

La inmunidad adquirida tiene algunas características como la especificidad y la memoria; como su nombre lo indica es adquirida y puede ser de manera activa o pasiva. La inmunidad adaptativa se adquiere de manera activa cuando se padece una enfermedad infecciosa, es decir cuando la enfermedad es producida por microorganismos, o se adquiere cuando somos vacunados; en el primer caso se dice que la inmunidad adquirida de manera activa es natural y en el segundo caso se dice que la inmunidad adquirida de manera pasiva es artificial.

La inmunidad adaptativa se adquiere de manera pasiva a través de la placenta, del calostro y de la leche materna (perinatal) o por el empleo de anticuerpos protectores producidos en otro individuo de la misma especie o de especie diferente (sueros inmunes). En el primer caso se considera un proceso natural y en el segundo un proceso artificial.

A continuación aparece una tabla con las principales características de la inmunidad adquirida (Tomado de Turvey y Broide, 2010 y modificado):

Componentes	Características
Elementos celulares	Células hematopoyéticas: LT y LB
Elementos humorales	Inmunoglobulinas producidas por los LB

Elementos celulares	Citocinas producidas por los LT
Característica del receptor	Expresan un receptor específico para cada antígeno (selección clonal)
Tipo de receptor	TCR: receptor de antígeno del LT BCR: receptor de antígeno del LB
Tiempo de respuesta	Retardado: horas o días
Memoria inmunológica	Una mejor respuesta por la exposición repetida de antígenos. Inmunidad de anticipación
Riesgo de autoreactividad	Alta

Tabla 7. Características de la inmunidad adquirida.

A la luz de las características de la inmunidad adquirida y de la red semántica (ver figura 10) realizamos el análisis de la subcategoría inmunidad adquirida:

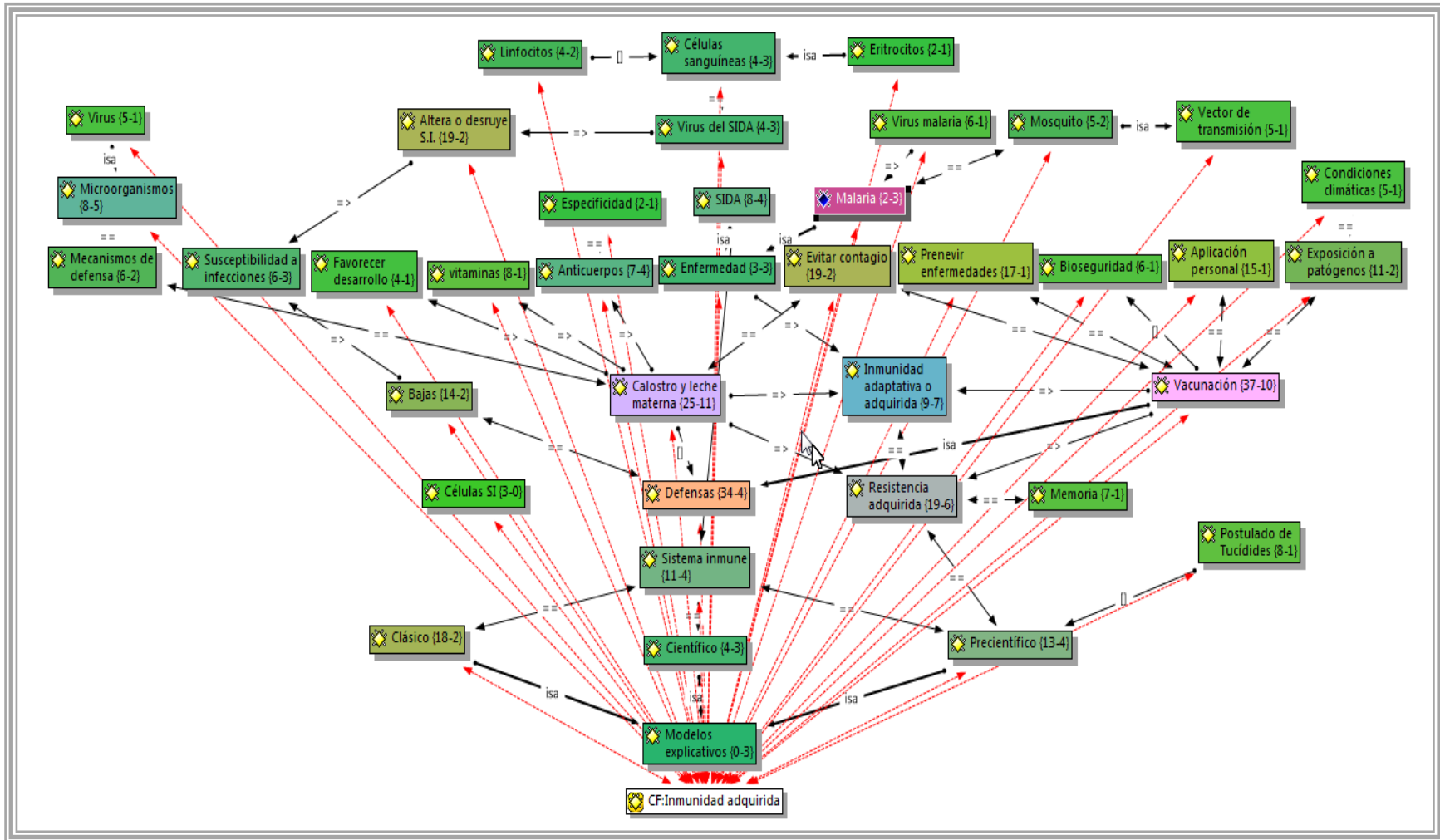


Figura 10. Red semántica en la que se representan de manera general los conceptos asociados a la subcategoría inmunidad adquirida.

En el análisis de la información correspondiente a la subcategoría inmunidad adquirida, categorizamos los modelos explicativos como otra subcategoría e identificamos tres modelos explicativos: el clásico, el pre-científico y el científico.

En esta categoría se plantearon preguntas para explorar los conocimientos que tenían los estudiantes sobre los mecanismos de defensa específica adquiridos por vacunación, por enfermedad o a través de la leche materna.

4.1.4.1. Modelo clásico de la subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa

En este modelo la respuesta inmune tiene su fundamento en una analogía de tipo militar, donde el funcionamiento del sistema inmune se activa frente a la amenaza proveniente “del exterior, percibida como externa”.

El 36% de los estudiantes consideran al sistema inmune como un sistema que ataca, combate o batalla contra los microorganismos, como podemos ver a continuación:

P5.E23. “Los humanos desarrollamos un sistema inmune, unos más que otros; por esto el cuerpo tiene la capacidad de atacarlos o que este sea atacado.”

P5.E17. “Podría ser que las vacunaciones o cuidados que posea la persona lo ayuden para no desarrollar la enfermedad, o su sistema inmunológico lo ayude combatiendo tales parásitos y protegiendo la persona.”

P14.E32. “CA, ya que el sistema inmune ya sabe como atacar y por eso no se vuelve a producir la enfermedad no se da ni en la niñez ni en la edad adulta; de nuevo ya la ha adquirido alguna vez.”

P5.E32. “Porque el sistema inmune no es capaz de batallar los microorganismos y se produce la enfermedad, como también puede que este afectado el sistema inmune de la persona.”

En las respuestas P5.E23. y P14.E32., se hace referencia a que el sistema inmune ataca, pero no se dice que es lo que ataca, por el contrario en las respuestas P5.E17. y P5.E32., se

reconocen los parásitos y microorganismos como los agentes atacados por el sistema inmune o a través de las vacunas. En la respuesta P5.E17., además, encontramos una relación entre sistema inmune, vacunación y modelo clásico.

A continuación otras respuestas que se ubican en este contexto:

P5.E18. “Creo que podría ser causado por la ausencia de linfocitos ya que estos son los que se encargan de combatir las diferentes virus, bacterias hongos, parásitos entre otros.”

P5.E35. “Porque su cuerpo posee mayor cantidad de defensas que los ayuda a estar más inmunes a estos microorganismo, también porque hay vacunas para combatir cierto tipo de estos agentes.”

P14.E6. “A Creo que no vuelven a sufrir esta enfermedad ya que los linfocitos los reconocen y se crea un mecanismo de defensa, para atacarlo cuando llegue nuevamente, es por ello que una persona que sufrió de varicela no le vuelve a dar.”

En las respuestas P5.E18. y P14.E6., se asigna a los linfocitos la función de combatir diferentes microorganismos, estas respuestas son características del modelo clásico y se reconoce a un componente del sistema inmune cumpliendo funciones de ataque. En la respuesta P5.E35., se asigna la función de combate contra los microorganismos a las vacunas, pero como se mencionó en otro apartado no se reconoce la función de las vacunas en la activación del sistema inmune.

4.1.4.2. Modelo pre-científico de la subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa

El mitridatismo, la variolización y la escarificación, son consideradas explicaciones pre-científicas de los modelos sobre la inmunidad, los cuales se desarrollaron desde el año 430 a.C. (Silverstein, 2009).

En este modelo, los postulados hacen referencia a la inmunidad adquirida de manera activa por estar expuesto a agentes patógenos, sufrir la enfermedad causada por los patógenos o estar expuestos a tóxicos.

Para indagar sobre inmunidad adquirida por haber sufrido una enfermedad infecciosa planteamos la siguiente pregunta que se ajusta al planteamiento de Tucídides:

14. Los niños que sufren varicela cuando son adultos nunca vuelven a padecer esta enfermedad. CA A D CD

Encontramos respuestas como las siguientes:

P14.E15. “A, este virus no se vuelve a repetir ya que el cuerpo ya ha creado una defensa contra la varicela y se vuelve inmune a esta, entonces al tener contacto con una persona que la padezca el cuerpo no la va a volver a contraer.”

P14.E29. “CA, es una enfermedad que solo se padece una vez, el cuerpo adquiere una inmunidad adaptativa.”

P14.E37. “A, la verdad no sé, pero he escuchado que la varicela solo da una vez puede ser porque el organismo genera inmunidad a ella.”

En estas respuestas podemos observar que los estudiantes están de acuerdo con el planteamiento de la pregunta, que corresponde al postulado de Tucídides. Podemos ver que este postulado ha perdurado desde épocas antiguas (430 a.C.).

En respuestas como P14.E15., P14.E37., se menciona que cuando se sufre la enfermedad, el cuerpo adquiere inmunidad contra la varicela y por esta razón no se vuelve a presentar; en esta respuesta se cree que la inmunidad se adquiere contra la enfermedad y no contra el microorganismo que la produce. En otras respuestas, como en P14.E29., simplemente se menciona que la enfermedad se padece una sola vez porque se adquiere inmunidad adaptativa. En estas respuestas no explican qué es inmunidad o inmunidad adaptativa y no establecen relaciones con las células inmunológicas ni con los mecanismos específicos que se generan.

El 28% de estudiantes respondieron desde el sentido común, teniendo en cuenta que en el contexto familiar y social se habla de manera muy general del postulado de Tucídides. Podemos ver nuevamente la dificultad que tienen los estudiantes para diferenciar enfermedad infecciosa y agente etiológico.

4.1.4.3. Modelo científico de la subcategoría inmunidad adquirida o adaptativa

Los estudiantes reconocen que las vacunas, la leche materna y sufrir una enfermedad infecciosa protegen al organismo contra infecciones, pero encontramos que confunden algunos conceptos y que no logran realizar explicaciones a nivel molecular porque tienen desconocimiento de estos procesos relacionados con el funcionamiento del sistema inmune.

La fiebre amarilla es una enfermedad infecciosa producida por el “virus de la fiebre amarilla” de la familia Flaviviridae, este virus es transmitido por la picadura del mosquito *Aedes aegypti* y otros mosquitos de los géneros *Aedes*, *Haemagogus* y *Sabethes*, que se encuentran generalmente a menos de 1.300 metros sobre el nivel del mar. Esta enfermedad se presenta en África, Suramérica, Centroamérica y el Caribe.

Cuando se plantea en la pregunta 11 si están de acuerdo en que las autoridades de migración dejen viajar a Juan al Amazonas porque sus padres se vacunaron contra la fiebre amarilla antes de él nacer, encontramos respuestas como las que aparecen a continuación:

P11.E17. “CD, el hecho de que sus padres hayan sido vacunados mientras el desarrollo fetal de Juan no quiere decir que él sea inmune a esta enfermedad como lo es la fiebre amarilla. Debe vacunarse para poder viajar y no esperar que se enferme en el viaje, debería tener precaución.”

P11.E32. “Completamente en Desacuerdo (CD), ya que no tiene que ver que los padres estén vacunados ya que la vacuna protege el sistema inmune de los padres no de él y como tiene esa protección puede infectarse muy fácilmente.”

En las respuestas anteriores podemos ver que se reconoce que la vacuna ofrece protección, se menciona que protege el sistema inmune, más no se expresa que se protege al ser vivo

por activación del sistema inmune, no se demuestra claridad sobre la función de las vacunas como proceso que administra microorganismos atenuados o muertos o partes de los microorganismos, a un ser vivo y que, estos antígenos activan al sistema inmune desencadenando mecanismos de defensa que protegen al individuo ante la nueva entrada del microorganismo al cuerpo. Los estudiantes manifiestan que son los padres los que quedan protegidos con la vacuna y no el hijo, pero no pueden explicar el porqué de este fenómeno, al parecer desconocen que la madre transmite al feto inmunoglobulinas, pero esta protección no es duradera y el feto no queda protegido después del nacimiento por largos períodos.

En las respuestas P11.E19. y P11.E20., también se establece que las vacunas protegen y se reconoce que la protección transmitida por la madre al feto no es duradera. En la respuesta P11.E19., se puede ver que el estudiante cree que lo que se suministra en una vacuna es el anticuerpo y no el antígeno (microorganismo) como se explicó anteriormente y en la respuesta P11.E20., observamos que el estudiante confunde anticuerpo y antígeno; cuando se aplica una vacuna; los linfocitos B producen inmunoglobulinas o anticuerpos y no antígenos. Como se ha expresado en otras categorías encontramos que los estudiantes no manejan los conceptos de antígeno y anticuerpo:

P11.E19. “CD, los padres de Juan al ser vacunados no pueden prevenir que su hijo padezca la enfermedad ya que el anticuerpo inyectado solo puede actuar sobre el individuo inyectado.”

P11.E20. “CD, ha pasado demasiado tiempo y puede que el antígeno ya haya desaparecido, además las vacunas pasadas 5 años ya no son protección para el organismo.”

En general, aunque no se expresan los términos, tienen el concepto de inmunidad adquirida durante el desarrollo embrionario.

P11.E3. “CD, porque si el virus llegase a infectar a Juan, su organismo no lo va a reconocer, por lo que no sabía cómo actuar para atacarlo.”

De la respuesta anterior, se puede inferir que el estudiante tiene el concepto de memoria inmunológica aunque no lo hace explícito en la respuesta, además es una de las pocas respuestas en las cuales se reconoce el agente causante de la fiebre amarilla es un virus.

4.1.4.3.1. Defensas - leche materna - mecanismos de defensa- resistencia

Una forma de lograr inmunidad adquirida de manera pasiva la constituye el paso de las inmunoglobulinas (anticuerpos) maternas al feto y al recién nacido a través de la placenta y del calostro y la leche materna. Se dice que este tipo de inmunidad se adquiere de manera natural y permite al feto y a los recién nacidos evitar infecciones antes de adquirir su propia capacidad de producir las inmunoglobulinas.

Las inmunoglobulinas como ya se ha mencionado, se unen a los antígenos, los neutralizan y los opsonizan para que puedan ser destruidos por fagocitos y otras células del sistema inmune (Orrego, et al., 2013). Para explorar ideas sobre esta forma de adquirir inmunidad pasiva planteamos la siguiente pregunta: “Los bebés alimentados con leche materna son más resistentes a sufrir enfermedades ocasionadas por microorganismos”. Como se puede observar en las siguientes respuestas, los estudiantes mencionan que la leche materna le transmite defensas a los bebés, pero no establecen qué tipo de defensas, no mencionan a los anticuerpos como proteínas que pasan a través de la leche materna y mucho menos establecen la función de estos anticuerpos:

P15.E6. “A, la leche materna tiene muchos nutrientes, cuando un niño es alimentado por esta se vuelve más resistente y con mas mecanismos de defensa contra estos y microorganismos.”

P15.E8. “A, por medio de la leche materna, adquieren las defensas de la madre.”

P15.E14. “CA la leche materna tiene más vitaminas, mas sustancias de defensa para el bebe, lo cual la leche de vaca nos las tiene, además esta leche es procesada.”

P15.E19. “A, la leche materna contiene varios nutrientes, que les permiten a los bebés desarrollar mecanismos de defensa mucho más resistentes a estímulos generados por los microorganismos.”

En el 18% de las respuestas encontramos asociación entre la leche materna y los mecanismos de defensa; por ejemplo, en las respuestas P15.E6. y P15.E19., se menciona que los nutrientes de la leche permiten desarrollar mecanismos de defensa, no se dice que se transmiten las defensas. Además, encontramos en estas respuestas que establecen asociación de los nutrientes de la leche materna con la resistencia, este tipo de resistencia es adquirida y aunque los estudiantes hacen alusión al término no lo describen desde el punto de vista científico sino desde el sentido común. No identifican este tipo de inmunidad adquirida pasiva a través de la leche materna.

En la respuesta P15.E21., que aparece a continuación, se describe que las defensas transmitidas por la leche materna sirven para que el organismo se defienda contra algún virus, en esta respuesta observamos que se tiene el concepto de resistencia adquirida aunque no menciona el término:

P15.E21. “D, la leche materna es una gran fuente de defensas para el bebé, principalmente el calostro permite que el bebé obtenga defensas para cuando posea algún virus tenga más posibilidades de combatirlo.”

4.1.4.3.2. Calostro - leche materna - anticuerpos e inmunidad adquirida

Encontramos una única respuesta en la cual se relaciona la leche materna con la adquisición de anticuerpos, no se dice explícitamente que los anticuerpos se transmiten a través de la leche sino que la leche rica en proteínas y vitaminas hace que se adquieran los anticuerpos, además no se explica cuál es la función de los anticuerpos:

P15.E26. “CD cuando una mama alimenta a su bebe con leche materna esta leche y más leche calostro rica en proteínas y vitaminas hace que él bebe adquiera anticuerpos para sus defensas de microorganismo.”

En la red sistémica relacionamos Calostro y leche materna con inmunidad adquirida porque los estudiantes reconocen que a través de la leche materna se adquieren defensas de la madre, pero no porque ellos expresen este concepto de manera explícita:

P15.E8. “A, por medio de la leche materna, adquieren las defensas de la madre.”

P15.E33. “A, porque la leche materna tiene componentes con altas defensas para el niño y que además son importantísimas para el correcto y buen desarrollo del bebe.”

En general, podemos decir que aunque los estudiantes relacionan la leche materna con la transmisión de defensas, desconocen los términos para referirse a la inmunidad adquirida pasiva a través de este proceso, no utilizan el lenguaje especializado. Los estudiantes desconocen los procesos moleculares para explicar este tipo de inmunidad adquirida y no pueden explicar las características como la especificidad o la memoria.

4.1.4.3.3. Vacunación

Aquí incluimos las respuestas en las cuales los estudiantes establecen relaciones entre vacunación y evitar enfermedades, bioseguridad, aplicación personal, inmunidad adaptativa y resistencia adquirida.

Como se describió en la categoría de inmunidad natural, desde el punto de vista científico, la vacunación surgió a finales del siglo XVIII con los aportes de Jenner y más adelante con los aportes de Pasteur. La vacunación tiene como finalidad activar el sistema inmune para que desarrolle mecanismos de defensa contra microorganismos y guarde memoria para que el organismo se defienda ante un posterior encuentro con el antígeno.

Podemos observar que el 28% de los estudiantes reconocen que algunas personas colonizadas por microorganismos no desarrollan la enfermedad infecciosa, ellos atribuyen este fenómeno a las vacunas o al haber sufrido la enfermedad, es decir tienen el concepto de inmunidad adquirida activa, pero no dan explicaciones de los mecanismos que se

desencadenan en estos casos, como se puede observar en las respuestas que aparecen a continuación:

P5.E13. “Porque algunas personas tenemos muchas más defensas que otras, o ya sean por vacunas o algo parecido.”

P5.E24. “Porque algunas personas ya padecen de la enfermedad o sea son portadoras ya que son vacunadas y otras porque se han expuesto mucho a estos microorganismos entonces aquí es donde padecen de estas enfermedades.”

4.1.4.3.4. Vacunación - prevenir enfermedades

Incluimos las respuestas en las cuales los estudiantes relacionan la vacunación con la prevención de enfermedades, la defensa contra microorganismos y evitar contagio.

Al analizar las respuestas dadas a las preguntas relacionadas con el papel de las vacunas, nos damos cuenta que el 27% de los estudiantes tienen dificultad para comprender el papel de las vacunas, por ejemplo, en el texto P1.E13., se dice que la vacuna defiende el cuerpo de diferentes agentes infecciosos, como si propiamente la vacuna cumpliera esta función. Al parecer, se desconoce que en la vacuna se administra el antígeno que puede ser el microorganismo atenuado o muerto o alguna molécula del agente patógeno (que incluso puede ser sintética) y que la función del antígeno es activar al sistema inmune para que genere mecanismos de defensa específicos contra él a largo plazo y guarde memoria de ese encuentro.

P1.E13. “Porque esta vacuna defiende nuestro cuerpo de diferentes agentes infecciosos y la facultad de salud tiene que tratar con muchos elementos contaminantes, entonces esta sería para prevenir muchas enfermedades.”

A continuación aparecen otras respuestas en las cuales se menciona que las vacunas sirven para evitar enfermedades y contagio, las descripciones son muy generales y es posible que estas ideas hayan sido adquiridas en el contexto cotidiano, en el cual se habla a los niños de

las vacunas con el fin de protegerlos contra enfermedades, pero no se hace otro tipo de explicación:

P1.E14. “Es importante tener esta vacuna, ya que con esta nos estamos protegiendo de una infección, de enfermedades, es más posible que esta clase de enfermedades nos ocurra a los estudiantes de salud, porque estamos en contacto con cadáveres, sustancias químicas, por lo cual el ambiente está más contaminado.”

P1.E30. “Nos exigen las vacunas porque al tener contacto con los cadáveres del anfiteatro al ir a las prácticas de laboratorio cuando estamos en rotación al tener contacto con los pacientes es muy importante estar vacunados para evitar contagios.”

En el texto P1.E14., el estudiante expresa que las vacunas también protegen contra sustancias químicas; es decir, que no limita la función de las vacunas a procesos biológicos asociados a microorganismo.

4.1.4.3.5. Vacunación-bioseguridad

Cuando se pregunta: “A los estudiantes de las facultades de salud se les exige al ingreso el certificado de la vacuna contra la hepatitis B. ¿Puedes explicar por qué?, encontramos respuestas como las que aparecen a continuación, en las cuales expresan que se exigen las vacunas por bioseguridad:

P1.E1. “Porque en las clínicas hay unas normas de bioseguridad ya que en estas se encuentran diversas patologías, hongos, virus, bacterias; como también hay personas sanas, entonces todos deben tener en cuenta la bioseguridad para seguridad del paciente y del médico”.

P1.E27. “Los estudiantes que ingresan a facultades de salud se les exige la vacuna de la hepatitis B ya que son normas de bioseguridad para prevenir cualquier accidente, ya que los estudiantes de salud están expuestos a contraer enfermedades.”

En la respuesta P1.E1., el estudiante expresa que en las clínicas se encuentran diversas patologías, podemos inferir de esta respuesta, que no tiene claridad sobre el concepto de

patología ni microorganismo, parece asumir que las patologías se encuentran en un espacio físico externo al ser vivo. Este estudiante confunde el término patología con microorganismos o agentes patógenos; para él, hongos, virus y bacterias corresponden a patologías y no a agentes patógenos.

La bioseguridad la asocian con la prevención contra microorganismos en las clínicas, laboratorios y contacto con los pacientes e instrumentos de trabajo.

4.1.4.3.6. Vacunación-exposición a patógenos

El 15,4% de los estudiantes justifican la vacunación por la exposición a patógenos o microorganismos en los sitios de trabajo como anfiteatro, laboratorios y en el contacto con los pacientes, pero no hacen explicaciones más allá de la generalidad; se refieren a los pinchazos y al contacto directo con pacientes como medios de contraer los patógenos, pero no se refieren a los mecanismos de entrada de patógenos ni establecen relación con las barreras naturales y mucho menos con los mecanismos de defensa. A continuación se observan algunas respuestas de este tipo:

P1.E4. “Creo que es porque en diferentes ocasiones estamos expuestos y sensibles a agentes patógenos que nos afecten, ya que vamos a laboratorio y manipulamos objetos que no pueden ser manipulados con el respectivo traje de laboratorio.”

P1.E15. “Porque a todos los estudiantes que ingresamos a programas que tienen ver con salud, tienen que tener esta defensa (la vacuna) los que estamos muy involucrados a asistir al laboratorio, anfiteatro, estamos en continua exposición con muchas bacterias, virus o infecciones y por ende tenemos que tener las respectivas defensas.”

En la respuesta P1.E15., no se identifica a los virus y bacterias como agentes infecciosos o agentes patógenos, se consideran entidades diferentes y además no se reconoce que los microorganismos o agentes infecciosos tienen en su estructura factores patogénicos como flagelos, fimbrias, cápsulas o compuestos de secreción, necesarios para la colonización durante el proceso de infección.

En la respuesta P1.E34., que aparece a continuación, se menciona que la vacuna contrarresta los virus o bacterias y en la respuesta P1.E15., se dice que la vacuna es la defensa; como expresamos anteriormente en prevenir enfermedades, estos estudiantes tampoco tienen el concepto de vacuna ni conocen su función en la activación del sistema inmune: para ellos, no es el sistema inmune el que reconoce a los microorganismos y trata de destruirlos sino que se atribuye esta función a la vacuna:

P1.E34. “Porque en nuestra carrera estamos expuestos a muchos agentes patógenos u organismos micro-celulares que son nocivos para nuestra integridad física por ende esta vacuna es necesaria para contrarrestar estos virus o bacterias”.

4.1.4.3.7. Vacunación-aplicación personal

El 30% de estudiantes tienen claridad que las vacunas deben ser aplicadas a cada individuo, como se ve a continuación:

P11.E9. “CD, porque esta vacuna es personal, y así evita contagiarse de una enfermedad”.

P11.E11. “CD, son los padres los que tienen la vacuna, Juan no la tiene, él la necesita para evitar ser contagiado de la fiebre amarilla.”

Se puede inferir que algunos estudiantes no tienen claro que durante el embarazo, la madre le pasa anticuerpos al feto, pero este tipo de inmunidad pasiva al igual que la adquirida a través de la leche materna no perduran en el tiempo, los anticuerpos protegen mientras empieza a desarrollarse la inmunidad adquirida activa. Podemos ver un ejemplo:

P11.E12. “CD, porque la vacuna contra la fiebre amarilla se debe aplicar personalmente, y no estamos inmunizados cuando estamos en el vientre y se la aplican a nuestra madre.”

4.1.4.3.8. Enfermedad - inmunidad adquirida- resistencia adquirida - memoria

Cuando preguntamos si estaban de acuerdo o en desacuerdo con el siguiente planteamiento: “*los niños que sufren varicela cuando son adultos, nunca vuelven a padecer esta enfermedad*”, encontramos respuestas en las cuales los estudiantes reconocen que se adquiere inmunidad contra agentes patógenos cuando se sufre la enfermedad infecciosa, es decir, muchos tienen el concepto de inmunidad activa adquirida por enfermedad. Algunos ejemplos de respuestas:

P14.E4. “CA, su organismo, sistema inmune ya lo ataca cuando ingresa a nuestro cuerpo y cada vez que vuelven a nuestro organismo es atacado nuevamente desarrollando especificidad contra el virus.”

P14.E6. “A Creo que no vuelven a sufrir esta enfermedad ya que los linfocitos los reconocen y se crea un mecanismo de defensa, para atacarlo cuando llegue nuevamente, es por ello que una persona que sufrió de varicela no le vuelve a dar.”

P14.E25. “A, al sufrir esta enfermedad el organismo al mismo tiempo crea las defensas necesarias para que la próxima vez que se ponga en contacto con este no vuelva a padecerlo y pueda atacarlo, ya que se crean una defensas específicas para atacarlo.”

P14.E35. “A, porque al ser infectado por ese virus las defensas que poseemos tienen capacidad para recordar lo que produciría o si el virus vuelve lo atacan para evitar el ataque del virus.”

En el texto P14.E6., se explica que son los linfocitos los que reconocen y crean mecanismos de defensa, es importante resaltar esta respuesta porque se asigna a estas células funciones inmunológicas.

En la respuesta P14.E4., se habla de especificidad contra el virus y esta es una característica muy importante de la inmunidad adquirida y en la respuesta P14.E35., se hace referencia a la memoria inmunológica, otra característica de la inmunidad adaptativa. En la respuesta P14.E25., se expresan ideas sobre la especificidad y la memoria. Estas características, al igual que la diversidad de receptores para el reconocimiento de antígenos, diferencian la inmunidad adaptativa de la inmunidad natural, que carece de estas características.

Es importante hacer énfasis en que, aunque se mencionan algunos términos como inmunidad adquirida, especificidad, capacidad para recordar y reconocimiento, los estudiantes no dan explicaciones moleculares sobre la forma como las células del sistema inmune reconocen a los microorganismos, no explican en qué consiste la especificidad ni la capacidad de recordar; en otras palabras, no se tiene el conocimiento de los eventos moleculares y fisiológicos que acontecen en los mecanismos de defensa específicos como la inmunidad celular y la inmunidad humoral.

4.1.4.3.9. Enfermedad-malaria-virus de la malaria-mosquito-vector de transmisión

La malaria o paludismo es una enfermedad infecciosa causada por parásitos del género *Plasmodium*: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malarie*, *P. ovale*, *P. knowlksi* y los vectores de transmisión son las hembras de los mosquitos del género *Anopheles*.

Las relaciones entre malaria, virus de la malaria, mosquito las encontramos cuando preguntamos si estaban completamente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo o completamente en desacuerdo con el siguiente planteamiento: “Cuando los americanos y los europeos viajan a zonas tropicales les exigen la vacuna contra la malaria. CA A D CD ¿Por qué? Esta pregunta fue realizada para indagar sobre inmunidad adquirida.

Encontramos respuestas en las cuales se aprecia desconocimiento del agente etiológico que produce la malaria:

P19.E1. “A, Porque en las zonas tropicales en tiempos atrás existió el virus malaria por esta razón a los americanos y a los europeos les exigen esta vacuna.”

P19.E4. “A, sus organismos son más propensos a que el virus afecte su sistema inmune ya que el norte de América y Europa no se presentan tantos casos como en otros continentes y su organismo no sabe cómo reaccionar ante un caso de infección.”

P19.E20. “A, como cualquier ser humano están propensas a dichos virus, además el cambio de clima es muy drástico.”

Como se observa en las respuestas P19.E1., P19.E4. y P19.20., se cree que la malaria es producida por un virus, se desconoce totalmente que la malaria es ocasionada por parásitos (del género *Plasmodium*) y como ya se ha descrito en varias ocasiones, muchos estudiantes desconocen la relación entre agente etiológico y enfermedad infecciosa, conceptos que se establecieron desde el siglo XVIII.

En la respuesta P19.E4., se describe que el virus afecta al sistema inmunológico, esta respuesta demuestra que los estudiantes no reconocen que los virus o en general los microorganismos colonizan tejidos específicos en los cuales se reproducen y generan en muchos casos enfermedades. En el caso de la malaria, el parásito coloniza inicialmente el hígado y posteriormente los eritrocitos.

El 5% de los estudiantes reconoce que la malaria se produce por un parásito y el 20% identifica al mosquito como vector de transmisión del parásito aunque no lo expresan en términos del lenguaje especializado como se puede ver a continuación:

P19.E6. “CA, porque en estas zonas el agua es más contaminada, hay más exposición con este parásito que causa la malaria, por ello deben estar vacunadas.”

P19.E16. “A, en estas zonas se encuentra propagado este microorganismo y lo contiene un mosquito al cual no somos resistentes, mientras que los de raza negra son más resistentes por las condiciones de vida.”

En la respuesta P19.E16., se menciona que las personas de raza negra son más resistentes a la infección por el microorganismo, pero atribuyen esta resistencia a las condiciones de vida y no a mecanismos moleculares como la ausencia del antígeno del grupo Duffy en la membrana de los eritrocitos.

4.1.4.3.10. Enfermedad-SIDA-virus del sida

El SIDA (síndrome de inmunodeficiencia adquirida) es una enfermedad infecciosa causada por el virus VIH, este retrovirus es envuelto y tiene dos glicoproteínas en la envoltura, de 41 y 120 KDA de peso molecular, que son importantes para que el virus pueda entrar a las células hospederas por el mecanismo de fusión de membranas. Las células hospederas deben tener en su membrana plasmática el receptor CD4 y un co-receptor, el CCR5 o el CXCR4 para permitir la unión del virus a su membrana y la posterior entrada del material genético. Las principales células colonizadas por el VIH son los linfocitos T ayudadores que tienen en su membrana plasmática el receptor CD4, estas células producen importantes citocinas a través de las cuales ejercen su acción inmunológica (Orrego y Tamayo, 2013).

La pregunta que aparece a continuación tiene la intención de indagar sobre inmunidad celular, un mecanismo específico de la inmunidad adquirida:

17. Las personas que desarrollan sida mueren por cáncer o por infecciones producidas por diferentes tipos de microorganismos como los que producen la tuberculosis, la hepatitis o la neumonía. CA A D CD

Las respuestas que aparecen a continuación expresan que el SIDA destruye al sistema inmune y como consecuencia se presenta susceptibilidad a cualquier enfermedad o virus, en estas respuestas podemos ver que los estudiantes saben que en el SIDA el sistema afectado es el inmunológico, se presenta dificultad para determinar si consideran al SIDA como una enfermedad o como el agente etiológico que causa la enfermedad, como se ve en la respuesta P17.E6., no encontramos diferenciación entre enfermedad y microorganismo que la produce:

P17.E6. “CA, porque afecta el sistema inmunológico, se vuelven más débiles, más propensos a ser contagiados por cualquier otra enfermedad.”

P17.E10. “A, porque el sida lo que hace es acabar con nuestro sistema inmunológico causando que cualquier virus que entre a nuestro cuerpo nos acabe y nos produzca la muerte.”

En otras respuestas los estudiantes no se refieren al sistema inmune, sino que hacen referencia a las defensas bajas, establecen una relación causal: al bajar las defensas, se puede sufrir cualquier enfermedad o infección:

P17.E3. “CA, debido a que el sida hace que las defensas se bajen, por lo tanto cualquier infección puede causar la muerte porque el organismo no se puede defender.”

P17.E11. “CA, las personas con sida mueren por las infecciones, porque ellas son pacientes con muy bajas defensas y cualquiera de estas enfermedades los puede matar.”

El 4,2% de los estudiantes reconocen que el SIDA es causado por un virus, pero no tienen la capacidad de explicar los mecanismos por los cuales pueden entrar los virus al organismo y a las células hospederas; el 80% de estudiantes desconoce que el virus del VIH afecta a los linfocitos T, sólo un estudiante menciona que los linfocitos T son destruidos por el VIH (P17.E18). En la respuesta P17.E37., se dice que el virus del sida contiene microorganismos, no podemos inferir a qué se refiere con esta expresión:

P17.E18. “CA, si, porque las personas que padecen el virus de VIH tienen sus linfocitos T atacados por decirlo de esta manera, entonces al no tener defensas otros virus pueden entrar a su organismo y afectarlo de tal manera que podría producirle la muerte.”

P17.E37. “A, porque creo que ese virus del sida contiene esos microorganismos que afectan el organismo.”

Podemos decir que los estudiantes no expresan ningún tipo de conocimiento sobre la función de los linfocitos T en la inmunidad celular, no mencionan que los LT ejercen su función a través de las citocinas que producen y que es la célula que regula la mayoría de los mecanismos de defensa.

4.1.4.3.11. Virus del SIDA - células sanguíneas- linfocitos- eritrocitos

En esta relación encontramos respuestas en las cuales, algunos mencionan que cuando se padece sida las células sanguíneas disminuyen; en las respuestas que aparecen a continuación podemos observar que algunos expresan que son los glóbulos rojos las células

afectadas, otros se refieren a los glóbulos blancos, muy pocos mencionan a los linfocitos y un solo estudiante reconoce a los linfocitos T como las principales células afectadas por el VIH. Podemos decir de estas respuestas, que hay dificultad para reconocer cuáles son las células afectadas por el virus del VIH. Además podemos inferir que hay dificultad para diferenciar las células que hacen parte del sistema inmune, no identifican los diferentes leucocitos o glóbulos blancos como monocitos, neutrófilos, basófilos, eosinófilos, linfocitos T, linfocitos B, linfocitos asesinos naturales, células dendríticas y, además, no reconocen las características de cada grupo como monocitos, granulocitos y linfocitos.

A continuación podemos observar algunas de estas respuestas:

P17.E18. “CA, si, porque las personas que padecen el virus de VIH tienen sus linfocitos T atacados por decirlo de esta manera, entonces al no tener defensas otros virus pueden entrar a su organismo y afectarlo de tal manera que podría producirle la muerte.”

P17.E19. “CA, el sida es un síndrome de inmunodeficiencia adquirida donde se produce una disminución de linfocitos que son las células de defensa contra esos virus al haber deficiencia no hay quien los combata.”

En la respuesta P17.E19., aunque no se menciona específicamente qué tipo de linfocitos, se reconoce que éstos disminuyen y por lo tanto, no pueden contrarrestar al virus, este estudiante tienen claro que el VIH afecta al sistema inmune, específicamente a los linfocitos. En el texto P17.E18., se reconoce que los linfocitos T son las células del sistema inmune destruidas por el VIH y por esto otros virus pueden infectar.

4.1.5. Subcategoría receptores

Las preguntas planteadas, en esta subcategoría, tienen como finalidad indagar sobre los aspectos moleculares que permiten la entrada de microorganismos a las células de los tejidos colonizados, buscar las posibles relaciones que establecen los estudiantes para explicar la comunicación celular entre microorganismos y células del hospedero en los procesos infecciosos.

A continuación se muestra la red semántica a partir de la cual se realizó el análisis de esta subcategoría. Encontramos que las respuestas se ajustan a algunos planteamientos del modelo científico de inmunidad:

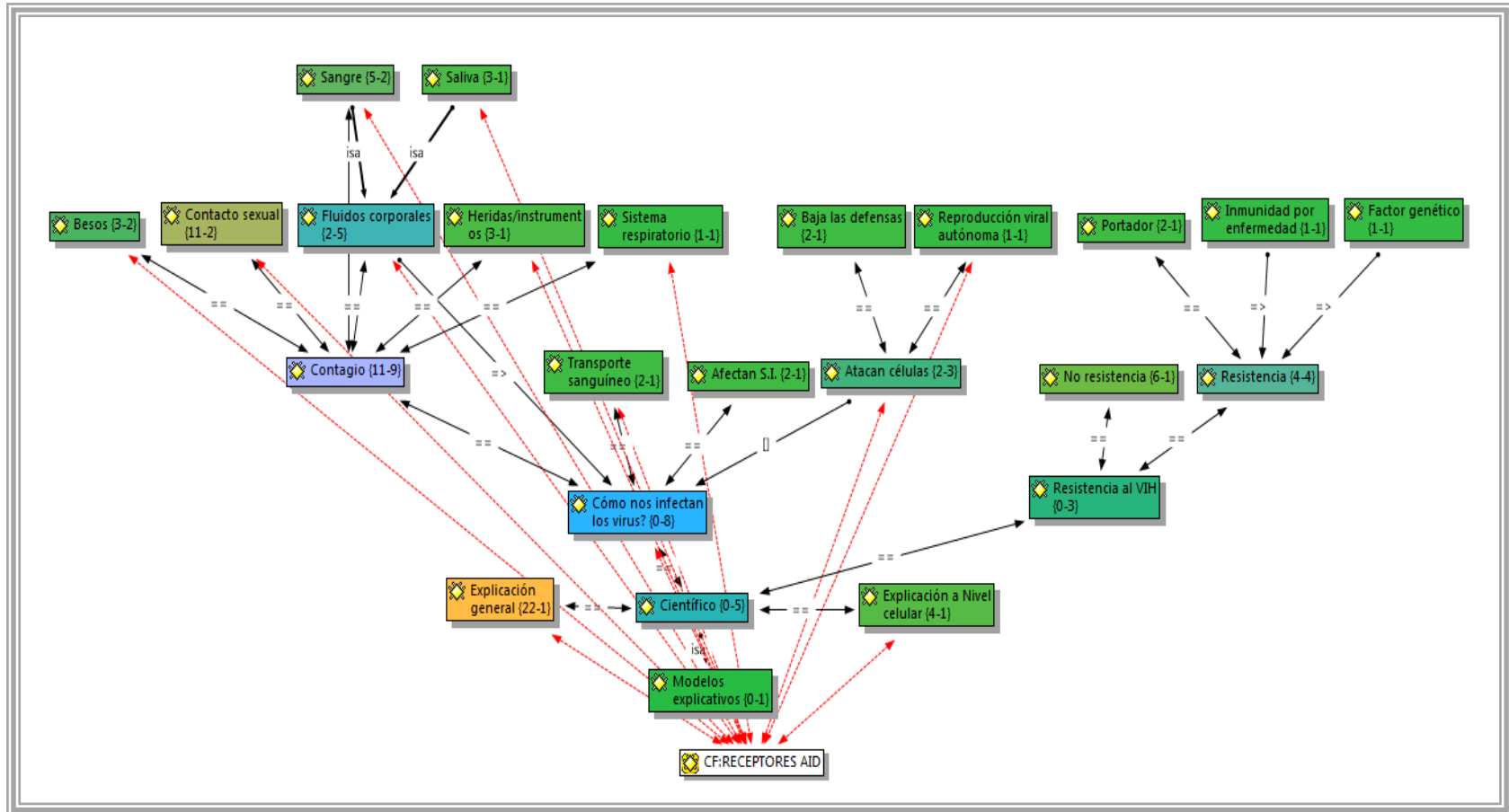


Figura 11. Red semántica de la subcategoría receptores.

4.1.5.1. Modelo científico de la subcategoría receptores

Consideramos que las respuestas ubicadas en esta subcategoría, son congruentes con el modelo científico de la inmunidad, puesto que el 27,5% de estudiantes, en sus respuestas se refieren de manera general a la transmisión del agente etiológico y los procesos de transmisión y la diferenciación entre agente etiológico y enfermedad infecciosa, los cuales son postulados característicos del modelo científico de inmunidad descritos en el marco teórico. Además, se planteó una pregunta relacionada con la resistencia natural o adquirida.

Cuando se pregunta cómo nos infectan los virus que causan herpes, gripe y sida, la mayoría de las explicaciones las hacen de manera general; los estudiantes responden que los virus infectan a través de fluidos o especifican que el contagio se realiza a través de diferentes medios como contacto con sangre, contacto físico a través de besos, contacto sexual, y a través de instrumentos, de cortadas, como se puede observar en las respuestas que aparecen a continuación:

P4.E4. “Nos infectan estos virus por tener contacto con la sangre del infectado, saliva y transmisión sexual, ya que se contagia por ya entrar a nuestro organismo y ya ser afectados.”

P4.E11. “Yo creo que estas enfermedades atacan principalmente a las personas que tienen pocas defensas, nos podemos contagiar por una cortada, por besos, por relaciones sexuales, esto para el sida y el herpes, y la gripe por falta de vacunas, por bajo en plaquetas y leucocitos.”

Un solo estudiante (ver texto P4.E11.) menciona que los virus causan infección por falta de vacunas, pero no explica qué es una vacuna ni sus funciones. En esta respuesta, se puede ver que el estudiante cree que son las enfermedades las que atacan a las personas cuando tienen bajas las defensas y no asigna la causa de enfermedad infecciosa a los microorganismos, además considera como causa el nivel bajo de plaquetas.

Encontramos algunas respuestas más específicas que contemplan algún aspecto molecular, como la respuesta P4.E1., el estudiante asocia el cambio de pH de la saliva con los procesos de infección, pero no explica por qué, a lo mejor reconoce, por ejemplo, la influencia del cambio de pH en la colonización de microorganismos a nivel de cavidad oral.

P4.E1. “Nos infectan por medio de los fluidos corporales, ya sea saliva, sangre, etc.; por medio de la saliva produciría un cambio de PH salival pasando a las células y por sangre pasaría inmediatamente a las células.”

En el 27% de las respuestas se menciona que los virus entran a través de las heridas o a través del sistema respiratorio, pero no se hacen explicaciones de cómo colonizan estos microorganismos ni cómo causan daño, además no hablan de la piel ni de la mucosa respiratoria como barreras naturales de inmunidad:

P4.E10. “Estos virus nos infectan muy fácil, ya que están alrededor de nosotros, de nuestro entorno de ahí pasan por nuestro sistema respiratorio que es una forma de contagio.”

P4.E13. “Estos virus por medio de heridas, relaciones sexuales, saliva. Por medio de muchos más contactos, pero estos son como los más esenciales.”

Algunos mencionan que son las enfermedades y no los microorganismos los que se transmiten por contacto:

P4.E14. “Estas enfermedades se transmiten por contacto ya sea físico como un contacto sexual o puede ocurrir que los virus se encuentren en el ambiente y así ser contagiados, todo esto es dependiendo de la clase de virus que sea.”

Encontramos algunas respuestas, en las cuales se menciona que los virus infectan porque se transportan a través de la sangre, pero como en los casos anteriores las explicaciones son generales.

P4.E12. “Se dan por contacto (fluidos corporales) van hacia a nuestro torrente sanguíneo infectándonos atacando nuestro sistema inmunitario.”

La pregunta sobre si están de acuerdo con la resistencia de algunas personas al virus VIH, se hace con la intención de indagar si los estudiantes reconocen la relación entre los receptores de las membranas de los linfocitos T y las glucoproteínas virales, puesto que, la interacción de esas moléculas permite la entrada del virus a estas células de la inmunidad específica.

Los estudiantes responden de manera muy simple diciendo que están de acuerdo o en desacuerdo con la resistencia al virus; algunos únicamente mencionan que las personas pueden ser portadoras sin desarrollar la enfermedad, pero, no hacen ningún tipo de explicación a nivel molecular como se puede observar en algunas respuestas que aparecen a continuación:

P20.E2. “CD este afecta inmediatamente a la persona cuando este es transmitido y creo que el organismo es incapaz de ser resistente a este virus.”

P20.E3. “A porque hay algunas personas que son portadoras, pero no se ven afectadas por la enfermedad, pero si la pueden transmitir, así como las ratas con la rabia.”

Cuando mencionan el término resistencia no reconocen la resistencia natural relacionada con la inmunidad natural ni la resistencia adquirida pasiva y activa.

Encontramos una sola respuesta en la cual se relaciona la resistencia al VIH con los factores genéticos, pero no se explica, por ejemplo, la presencia o ausencia de genes que codifican receptores de membrana para el reconocimiento de las proteínas antigénicas virales:

P20.E12. “CA, su organismo genéticamente adaptado para que este virus no lo afecte.”

También, encontramos una respuesta que relaciona la resistencia al VIH con el fenómeno de haber sufrido la enfermedad infecciosa, aunque no se hace explícito, este estudiante tienen el concepto de inmunidad adquirida:

P20.E9. “A, porque han sufrido (enfermedad) con similitud y sus defensas ya están preparadas.”

En términos generales, podemos decir que las explicaciones son poco específicas y simples; además, los estudiantes no comprenden el concepto de reconocimiento molecular de los microorganismos por parte de las células hospederas.

4.1.6. Características de los modelos explicativos encontrados

El desarrollo histórico de la inmunología nos ha permitido identificar seis modelos explicativos, relacionados con la respuesta del sistema inmune frente a las amenazas de los microagresores, que corresponden a la forma cómo ha evolucionado la inmunidad en determinados momentos de la historia.

Del análisis anterior, pudimos ubicar los estudiantes dentro de tres modelos: clásico, pre-científico y científico. Resaltamos el hecho de no encontrar los otros tres modelos, pues estos son muy primitivos y no explican los mecanismos inmunológicos que se conocen en la actualidad.

A continuación, analizaremos de forma holística los modelos explicativos dentro de los cuales ubicamos los estudiantes a partir de los análisis anteriores:

4.1.6.1. Modelo clásico

La característica más importante de este modelo es presentar una analogía de tipo militar, en la que el sistema inmune tiene la función de reconocer los agentes extraños y atacarlos para eliminarlos. Sin embargo, a la luz del análisis de las 5 subcategorías encontramos otras

características que tiene este modelo dentro de los estudiantes que participaron en la investigación.

Para una mejor comprensión, presentamos las características en la figura 12:

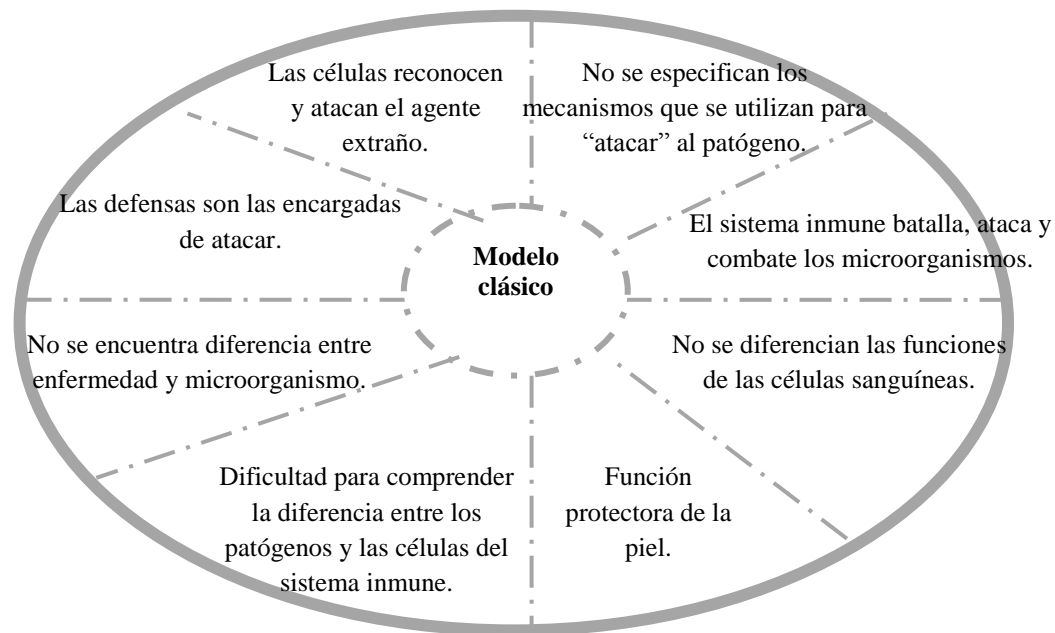


Figura 12. Características del modelo explicativo clásico encontrado en las explicaciones empleadas por los estudiantes.

Las respuestas que ubicamos dentro de este modelo, nos hace pensar que los estudiantes tienen fuertemente arraigada la concepción de que el sistema inmune ataca, batalla y combate los agentes extraños, aunque no especifican la forma como estos se eliminan ni qué tipo de células cumplen esta función; no obstante, en algunos casos se atribuye esta función a los glóbulos rojos, lo que sugiere que no diferencian las funciones de las células sanguíneas ni reconocen las células inmunitarias.

4.1.6.2. Modelo pre-científico

Dentro del modelo pre-científico se destaca el postulado de Tucídides *“no se sufre la enfermedad dos veces y de padecerla, la recaída nunca es mortal”* (Iglesias-Gamarra, et al., 2009).

La figura 13 presenta las características del modelo pre-científico en el que ubicamos las respuestas de los estudiantes universitarios:

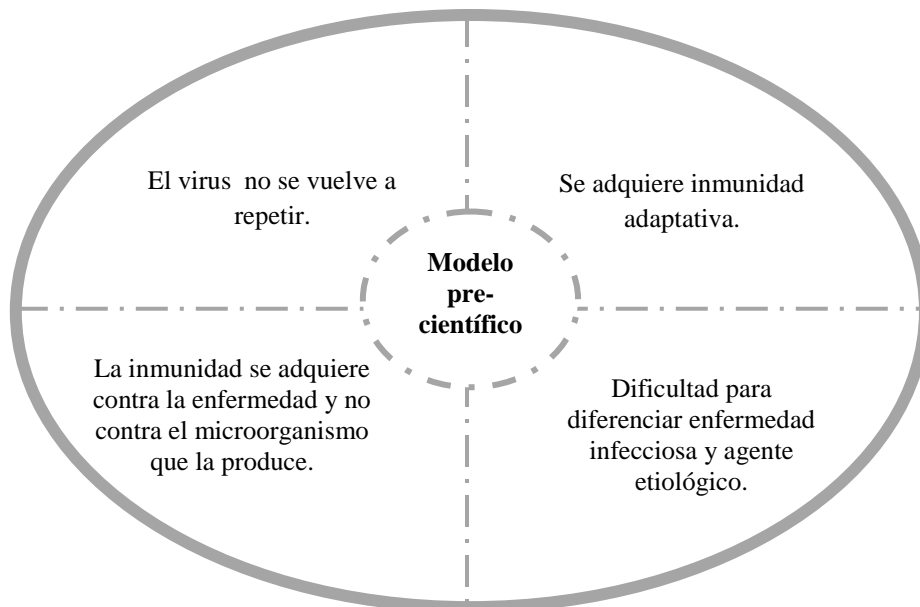


Figura 13. Características del modelo explicativo pre-científico encontrado en las explicaciones empleadas por los estudiantes.

El modelo pre-científico en el que se ubican las respuestas de los estudiantes universitarios se caracteriza porque tienen claro que se adquiere inmunidad adaptativa – la mencionan textualmente -; sin embargo, no explican cómo se obtiene. En unos casos expresan que *el virus no se repite* y en otros que no se repite la enfermedad: es decir, no tienen claro que se repite la enfermedad y el virus también; sólo que el virus puede colonizar nuevamente el organismo pero los síntomas clínicos ya no serán iguales y mucho menos mortales, aunque en ocasiones puede no manifestarse ningún síntoma.

Los estudiantes hacen alusión a la varicela; lo que se debe a dos posibles razones: el contexto de la pregunta o las experiencias cotidianas. En ese sentido, intuimos que no tienen claro la forma cómo actúa el sistema inmune ni cómo se induce la memoria inmunológica a nivel celular.

4.1.6.3. Modelo científico

El modelo científico se refiere a un momento histórico en el que la inmunología fue reconocida como ciencia y que fue rico en descripciones de lo que sucedía a nivel molecular dentro del organismo.

Para ubicar a los estudiantes dentro de este modelo tuvimos en cuenta básicamente el uso de un lenguaje mucho más especializado; sin embargo, cabe aclarar que las explicaciones analizadas fueron simples y con un bajo número de variables que pudieran explicar la pregunta. Además, encontramos confusión en algunos términos; no obstante, el modelo científico nos permitió hacer mayores análisis y evidenciar posibles obstáculos en el aprendizaje.

Las características que evidenciamos en el modelo explicativo científico encontrado en las respuestas de los estudiantes universitarios se presentan en la tabla 8:

Característica
Se reconoce el concepto de inflamación y daño de las paredes de los vasos sanguíneos.
Inmunidad de edad.
Mecanismos de defensa (inflamación, hinchazón, edema, reacción, temperatura, enrojecimiento alerta y defensa).
Especificidad contra el virus.
La hinchazón, el enrojecimiento y la temperatura, son la respuesta del sistema inmune.
La inflamación se relaciona con producción de dolor, enrojecimiento o temperatura; no se refieren al fenómeno fisiológico que produce enrojecimiento.
Desconocimiento de los procesos moleculares que acompañan la inflamación.
Memoria inmunológica.
La resistencia está relacionada con las inmunidades de raza, de especie y los factores genéticos.
La piel como barrera natural.
Se reconocen los leucocitos como células inmunitarias pero no se explica la función.
Transmisión del agente etiológico (fluidos corporales, cortadas, besos, contacto sexual, instrumentos).
Falta de diferenciación entre enfermedad infecciosa y agente patogénico.
Vacunación, pero se desconoce la función.
Anticuerpos como un factor de prevención de enfermedades.
Las vacunas, la leche materna y sufrir una enfermedad infecciosa protegen al organismo contra infecciones.
La leche rica en proteínas y vitaminas hace que se adquieran los anticuerpos.
Desconocimiento sobre la función de los linfocitos T en la inmunidad celular.

Tabla 8. Características del modelo explicativo científico de la inmunidad, identificado a partir de las oraciones con sentido empleadas por los estudiantes universitarios.

Cabe aclarar que en muchos casos los estudiantes no mencionan directamente algunos conceptos propios del campo; por ejemplo, inmunidad de edad. Sin embargo, las explicaciones que hacen pueden sintetizarse en las expresiones propias del campo.

También es importante resaltar que no encontramos explicaciones de lo que sucede molecularmente y evidenciamos que los estudiantes no tienen muchos conceptos claros, lo que les impide precisar mejor sus ideas. Se remiten mucho a explicaciones del ámbito cotidiano y cultural.

4.1.7. Conclusiones preliminares

Definir los modelos explicativos dentro de los cuales están los estudiantes nos permite comprender con mayor detalle los modelos mentales que ellos tienen y precisar algunos aspectos conceptuales en los que consideramos habría que intervenir más adelante en sus cursos académicos.

Para la didáctica de las ciencias es importante que los docentes puedan reconocer estos modelos, no sólo sobre la inmunidad, sino en cualquier área, a fin de intervenir y propiciar aprendizajes en profundidad. También es importante comprender en cierta medida, cómo muchos estudiantes están influenciados por el contexto en el que se desenvuelven y cómo esto podría convertirse en un obstáculo para el aprendizaje.

Los estudiantes que se ubican en el modelo militar generalmente mantienen este tipo de explicaciones durante todo su discurso, excepto en algunas preguntas, donde el contexto de la misma los ubica en el modelo pre-científico. Un maestro que comprenda que sus estudiantes utilizan este modelo podría emprender acciones encaminadas a favorecer de una forma adecuada las analogías que ellos manejan o a intervenir sobre la analogía para evolucionar el modelo.

A pesar de ubicar un 60% de las respuestas dentro del modelo científico, concluimos que las explicaciones son superficiales y no se logran poner de manifiesto muchos conceptos

relevantes para comprender la inmunidad; también evidenciamos muchas confusiones en algunos términos. Esto preocupa y aún más en el contexto universitario, donde esperamos mayores comprensiones de los conceptos estudiados.

Pudimos observar que a pesar de ser una muestra de estudiantes universitarios, poseen aún muchos conocimientos cotidianos que ponen en juego en sus explicaciones, por eso, cuando sus respuestas se ubican dentro del modelo científico son superficiales y poco reflejan conocimientos adecuados sobre el tema.

Además de lo anterior, inferimos que las experiencias de vida son determinantes para explicar muchas preguntas y se pone en juego solo lo que es evidente, por esa razón no se logran explicaciones de lo que sucede a nivel molecular.

4.2. Categoría de análisis: Análisis ontológico

El análisis desde la perspectiva ontológica, se refiere a cómo los estudiantes imaginan la naturaleza de los objetos y los eventos estudiados y lo que nosotros podemos esperar que pase en situaciones cotidianas (Tamayo y Sanmartí, 2003:4). El análisis sobre los aspectos ontológicos se centró básicamente en identificar, a partir de los textos elaborados por los estudiantes, diferentes concepciones alternativas sobre la inmunidad. Estas concepciones se analizaron a la luz del origen de éstas: sensorial, cultural y escolar (Pozo, et al., 1991).

Para analizar esta categoría presentamos, en primer lugar, un análisis descriptivo sobre las concepciones alternativas encontradas, su origen y su relación con los modelos explicativos acerca de la respuesta inmune. En segundo lugar, presentamos un análisis interpretativo sobre cada uno de los tipos de concepciones encontradas.

4.2.1. Análisis descriptivo de los aspectos ontológicos

Los aspectos más destacables del análisis de las concepciones que poseen los estudiantes, muestran los siguientes datos:

- El 5% de las expresiones analizadas se refieren a concepciones espontáneas, en las que se pone en juego la observación y la experiencia personal. Aquí pudimos corroborar algunas reglas asociativas de referencia causal, los cuales se dan a través de procesos sensoriales (Ibíd.).

- El 36% de las expresiones elaboradas por los estudiantes hacen referencia a concepciones analógicas. Aquí, el sistema inmune se compara con un sistema militar, en el cual éste ataca, combate y batalla a los cuerpos extraños. Este tipo de concepciones se relaciona directamente con el modelo clásico de la inmunidad, pues se establecen analogías de tipo militar.

- El 59% de las expresiones elaboradas por los estudiantes analizados hacen referencia a concepciones inducidas. De éstas, el 15% provienen de la cultura el 85% tienen un origen escolar.

Las concepciones de origen cultural se analizan bajo la óptica de adagios, refranes o expresiones comunes en el ámbito social y que no están sustentadas bajo teorías científicas.

Por su parte, las concepciones que tienen su origen en la escuela se evidencian primordialmente por el uso de conceptos asociados a la inmunidad aunque, en ocasiones, las respuestas de forma global nos indiquen que no hay conocimientos a nivel molecular, sino que son aprendizajes superficiales.

Sobre las concepciones del ámbito cultural podemos decir que se expresan mediante el uso de creencias inducidas debido a procesos de socialización. Algunos ejemplos que ilustran este hecho se presentan a continuación:

P7.E14. “Las personas de raza negra son más fuertes, resisten mas ante esta enfermedad. [Su piel es mucho más fuerte y por decirlo así más fina].”

P7.E15. “Las personas de [raza blanca han sido más delicados y propensos a sufrir enfermedades] relacionadas, las personas de [raza negra son un poco más resistentes].”

P7.E21. “Quizás las personas de [raza blanca son más propensos a padecer este virus], los de [raza negra pueden ser más fuertes] ante esto debido a su tipo de piel.”

En las respuestas anteriores, ponemos en evidencia que los estudiantes asumen que la resistencia de la raza negra se debe al color de la piel y no tienen en cuenta el papel del sistema inmune ni los factores constitutivos como la raza o la genética. Cabe anotar al respecto, que dentro del análisis y en referencia al tema de raza, también encontramos concepciones inducidas, en las que probablemente, por contacto con personas afrodescendientes, se tienen ciertas ideas sobre la inmunidad.

En el análisis comprensivo abordaremos con mayor profundidad las concepciones inducidas por la cultura y las relaciones raza – resistencia – virus.

Dentro del 85% de las respuestas que hacen referencia a las concepciones inducidas, encontramos usos de lenguaje propios del ámbito escolar y enunciación de conceptos aceptados por la comunidad científica, como ilustramos en los textos presentados a continuación:

P9.E1. “Cuando el niño se golpeó, inmediatamente los glóbulos rojos llegan al lugar donde el niño sufrió el golpe por este motivo se produjo el enrojecimiento, hay dolor porque el tejido identifico un cuerpo extraño y por ese motivo hay hinchazón y aumento de temperatura.”

P18.E25. “D, el pus se produce como una respuesta del sistema inmune para atacar la infección de la zona ya que los leucocitos migran hacia esa zona”.

Las concepciones inducidas, son quizá las que más posibilidades de análisis ofrecen, pues de allí se establecen relaciones con la escuela, la cultura y los modelos pre-científico y científico (ver tabla 9).

En la tabla 9 se muestran las principales concepciones encontradas en las respuestas de los estudiantes con los porcentajes correspondientes:

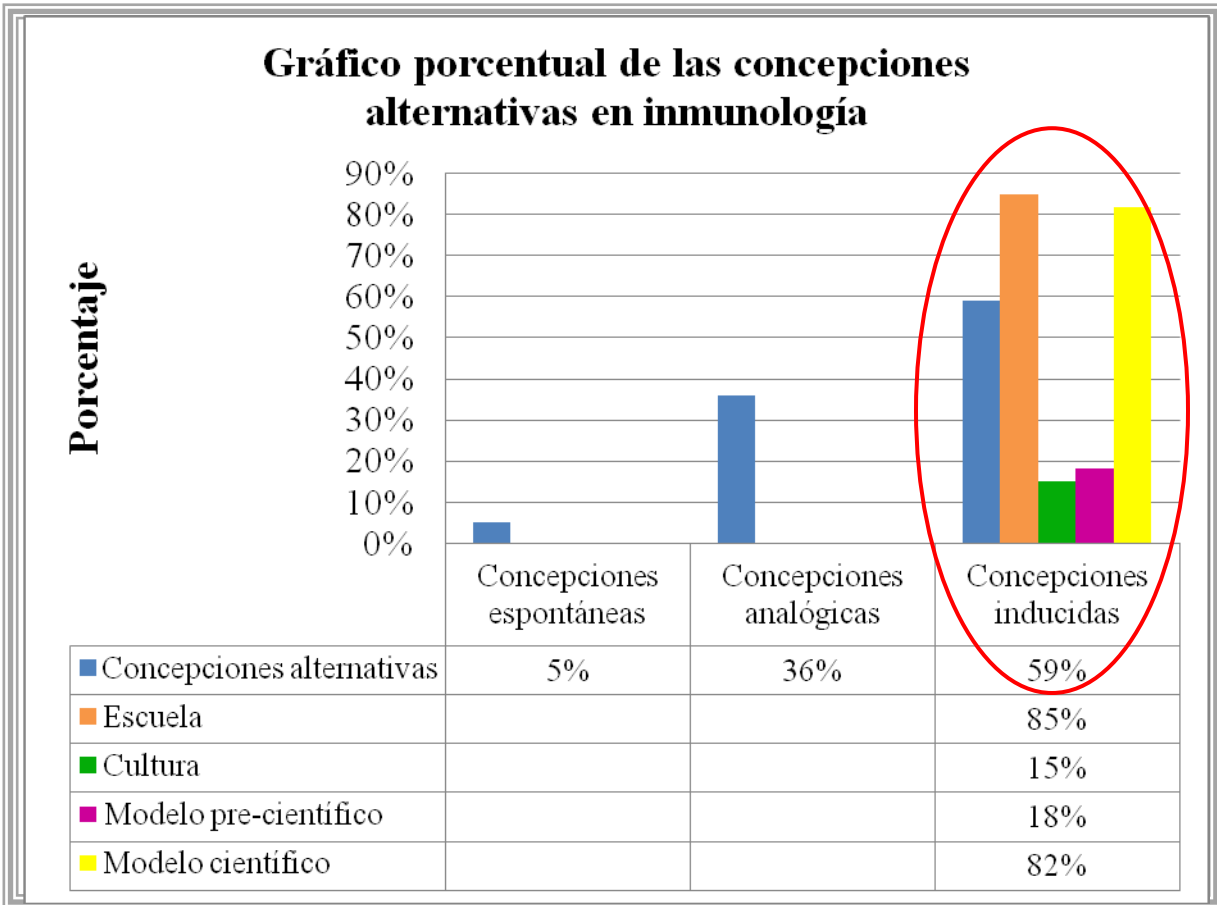
Concepciones alternativas			Porcentaje		
Concepciones espontáneas			5%		
Concepciones analógicas			36%		
Concepciones inducidas	Escuela	Modelo pre-científico	59%	85%	18%
		Modelo científico			82%
	Cultura		15%		

Tabla 9. Resumen porcentual de las principales concepciones encontradas.

Es evidente que son más frecuentes las concepciones inducidas, bien sea por la escuela o la cultura. Esto es de esperar si se tiene en cuenta que la muestra son estudiantes universitarios; es decir, que han pasado procesos de socialización y escolarización que les permiten tener cierto grado de apropiación de algunos conceptos.

Con respecto a los modelos explicativos, encontramos que dentro de las concepciones inducidas un 82% se relacionan con el modelo científico, explicando con cierto grado de coherencia los mecanismos de acción contra microagresores. El 18% restante se ubica dentro del modelo pre-científico, haciendo alusión a que cierto tipo de enfermedades se padecen sólo una vez en la vida (establecido dentro del modelo explicativo pre-científico).

En la gráfica 1 se describen las principales concepciones encontradas en las respuestas de los estudiantes con los porcentajes correspondientes:



Gráfica 1. Concepciones inducidas encontradas en los estudiantes universitarios.

La gráfica 1 representa el porcentaje de los datos hallados durante el análisis de la información. Allí se aprecia el contraste entre las concepciones y observamos que en las concepciones inducidas se encuentra un punto interesante, que nos permite hacer mayores análisis, sin desconocer, por supuesto, las demás concepciones encontradas. Esto es consecuente con el análisis conceptual, en el cual ubicamos los estudiantes (de mayor a menor frecuencia) dentro los modelos científico, pre-científico y clásico.

Los datos encontrados coinciden en cierta medida con lo esperado previo al análisis, pues el hecho de ser estudiantes universitarios y de segundo semestre, nos llevó a suponer que en el momento de la aplicación del instrumento, tenían claros ciertos conceptos (aunque no a nivel molecular) y sus ideas previas habrían evolucionado a unas más elaboradas, que coincidieran con los modelos científicos. Sin embargo, consideramos que un 36% en

concepciones analógicas es un porcentaje alto para este tipo de población, pero no desconocemos el rol que cumplen los procesos de enseñanza en la construcción de este tipo de representaciones.

4.2.2. Análisis interpretativo

Presentamos las redes semánticas de cada una de las subcategorías y su análisis a partir de ellas y de las oraciones nucleares (Chomsky, 2004). Estos análisis se realizan a la luz de los modelos explicativos de la inmunidad, la caracterización de las concepciones de Pozo, et al., (1991) y del discurso escrito de los estudiantes.

4.2.2.1. Análisis interpretativo sobre las concepciones espontáneas

Para el análisis de la subcategoría concepciones espontáneas en el grupo de los 37 estudiantes de segundo semestre de odontología de la Universidad Autónoma de Manizales, realizamos la siguiente red semántica (ver figura 14).

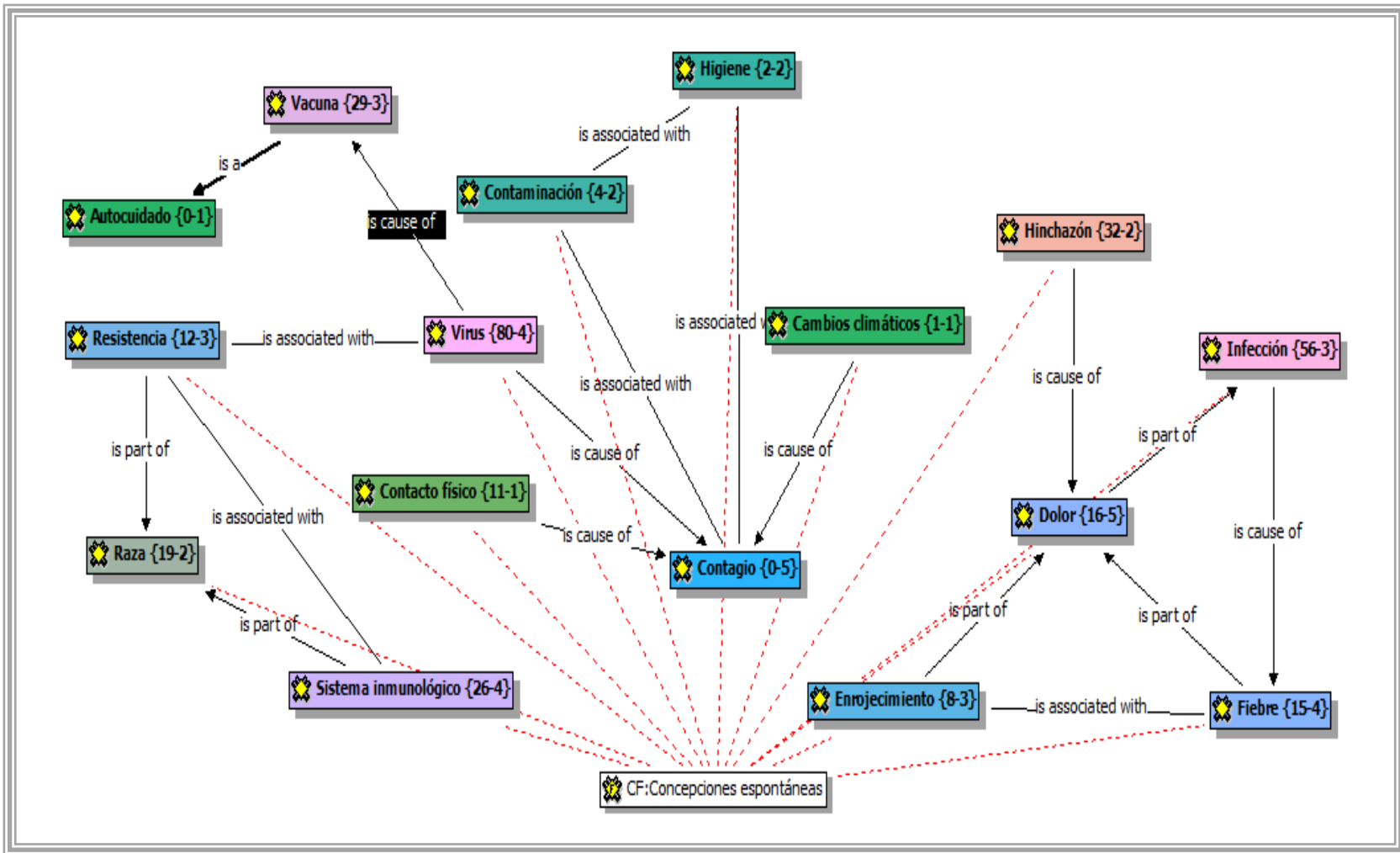


Figura 14. Red semántica de la subcategoría concepciones espontáneas.

La red semántica nos facilitó identificar las relaciones que se establecen entre los conceptos. Como podemos ver, estos términos asociados no se relacionan con ningún modelo de la inmunidad ni son muy especializados; son aquellos que comenzamos a escuchar desde la infancia y nos ayudan a construir nuestras representaciones sobre la salud, la enfermedad, el contagio, la resistencia a enfermedades y el dolor; es decir, no son términos ajenos a nuestra cotidianidad.

El análisis de la red semántica y las concepciones espontáneas en el grupo de los 37 estudiantes de segundo semestre de odontología de la Universidad Autónoma de Manizales, permitió identificar las siguientes concepciones espontáneas:

Concepciones Hinchazón como manifestación de dolor

De acuerdo al desarrollo histórico de los conceptos que explican fenómenos relacionados con la inmunidad, el conocimiento de la inflamación aparece en papiros egipcios 3000 a. C. Desde el punto de vista científico el conocimiento de estos procesos se desarrolló a partir de 1880.

Aulo Cornelio Celso (25 a. C. - 50 d. C) fue quien describió inicialmente los síntomas de la inflamación: tumor, rubor, calor y dolor. Estos pueden estar presentes en mayor o menor grado, y estar o no estar todos. La presencia de estos síntomas depende del tipo y la cantidad del tejido comprometido. En ese sentido, el dolor puede no estar siempre presente; sin embargo, generalmente cuando nos hinchamos a causa de alguna lesión, aparece el dolor (Silverstein, 2009, Iglesias-Gamarra, et al., 2009); por esa razón, algunos estudiantes asocian siempre el dolor con la hinchazón, tal como ilustramos en las siguientes respuestas:

P3.E31. “Se produce [la hinchazón porque nos duele] mucho en donde nos golpeamos.”

P3.E36. “Porque se puede afectar y eso produce que [tengamos un dolor muy fuerte], y se pueda fracturar o descomponer.”

P9.E1. “Cuando el niño se golpeó, inmediatamente los glóbulos rojos llegan al lugar donde el niño sufrió el golpe por este motivo se produjo el [enrojecimiento, hay dolor] porque el tejido identifico un cuerpo extraño y por este motivo hay [hinchazón y aumento de temperatura].”

El concepto de inflamación empezó a desarrollarse científicamente en 1896 cuando Lister planteó si este proceso era una “respuesta anormal o un mecanismo de defensa” (Silverstein, 1989, Iglesias-Gamarra, et al., 2009), en la actualidad el proceso de inflamación es considerado un mecanismo de defensa inespecífico de la inmunidad innata.

En la respuesta P3.E31., observamos que la hinchazón es una consecuencia del dolor, lo que sugiere cierta ingenuidad o espontaneidad en la respuesta, pues aunque sabemos que cuando hay dolor no necesariamente hay hinchazón, para este estudiante si se presentan ambos síntomas a la vez. En el texto P3.E31., [...la hinchazón porque nos duele...] nos indica que la hinchazón es una manifestación del dolor; estas relaciones causa – efecto son muy comunes en las concepciones alternativas espontáneas.

Teniendo en cuenta lo anterior, Pozo y Gómez (1998) establecen que las concepciones de origen sensorial se basan en un conjunto de reglas asociativas, las cuáles consistirían en mecanismos causales para comprender el mundo de manera superficial; es decir, sólo desde lo perceptible: causa – efecto, contigüidad espacial y temporal, covariación cualitativa y cuantitativa. A la luz de estos planteamientos, encontramos que efectivamente las concepciones espontáneas analizadas presentan muchas de estas características, como se evidencia en los textos P3.E31., P9.E1.

Concepciones sobre las relaciones virus – contagio – colonización de microorganismos

La piel es una barrera natural que no permite la entrada de la mayor parte de microorganismos a nuestro cuerpo. Por esa razón, cuando se producen quemaduras en la piel se corre el riesgo de adquirir infecciones.

El 22% de los estudiantes, probablemente desconocen la función de la piel en la inmunidad y atienden a explicaciones más espontáneas para exponer las razones por las cuales en las salas de quemaduras de los hospitales hay extrema vigilancia para que los pacientes no se infecten con microorganismos.

En este tipo de concepción, encontramos respuestas como la del siguiente estudiante:

P8.E10. “Hay una extrema vigilancia ya que allí [los virus salen de las personas buscando llegar a otras a otras para colonizar] y poder lograr desarrollarse en las personas, por eso es la extrema vigilancia que se mantiene en los hospitales.”

Este tipo de respuestas sugiere que los virus están dotados de cierta clase de “inteligencia” y que ellos salen a buscar un lugar donde vivir y reproducirse, desconociendo que los virus no salen en busca de..., sino que los microorganismos se encuentran en diferentes ambientes y pueden llegar a colonizar nuestro organismo más fácilmente si no contamos con las barreras naturales, en este caso, la piel. Además, desconocen los mecanismos moleculares que favorecen la entrada de virus a las células hospedadoras; por ejemplo, a través de procesos de endocitosis o fusión de membranas, en los cuales, es importante el concepto de receptores de membrana.

Como mencionamos anteriormente, las concepciones se construyen a partir de reglas de asociación. Para comprender mejor estas características, presentamos la tabla 10:

Respuestas	Reglas
<p><i>P1.E17. “Pienso que este requisito podría ser porque muchos o tal vez la mayoría [venimos de otros municipios o ciudades] y [podríamos tal vez contagiarnos] de cualquier enfermedad unos a otros.”</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contigüidad espacial - Contigüidad temporal

<p>P6.E9. “Estas personas morían, [porque en sus enfrentamientos con gentes de distintas partes del país], llevaron bacterias u otra clase de enfermedad y debido a esto se contagiaban”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contigüidad espacial - Contigüidad temporal - Causa - efecto
<p>P6.E20. “Por el ambiente tan [contagiado me imagino que en aquella época también hubo muchos muertos, entonces hechos desencadenaron muchas infecciones] en este caso la gripe o también puede ser que estaban expuestos a [cambios climáticos].”</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Causa – efecto - Covariación cualitativa
<p>P6.E24. “[Porque en esta época todavía no existían todos los medios como [la prevención de la enfermedad] y no estaba [estudiada esta enfermedad] [ni tampoco existían las vacunas] [ni medicamentos], o sea que no sabían [cómo tratar esta enfermedad y por esto morían]].”</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Causa – efecto - Covariación cuantitativa
<p>P6.E26. “[Los indígenas en América morían por gripe] ya que [como no tenían el suficiente conocimiento] y [vacunas] y [no era tratada a tiempo] o [no se le prestaba la suficiente importancia a estos virus] que atacaban su organismo”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Causa – efecto - Covariación cualitativa - Covariación cuantitativa

Tabla 10. Algunos ejemplos de reglas heurísticas o asociativas en las concepciones espontáneas (Pozo et al., 1991, Pozo y Gómez, 1998).

En las respuestas P1.E17. y P6.E9., se evidencia contigüidad espacial y temporal; es decir, relaciones de contacto físico y proximidad en el espacio para que se produzca el contagio. Aquí para “contagiar el virus” es necesario que los colonizadores estén próximos a los indígenas. Este estudiante desconoce que los virus no se contagian, sino que se encuentran en el ambiente y llegan a colonizar el organismo; tampoco identifican las relaciones antígenos – anticuerpos y memoria inmunológica, pues generalmente, cuando el organismo no ha generado anticuerpos debido a la exposición a algún antígeno, es más difícil controlar las enfermedades.

Cuando los españoles colonizaron América, el virus causante de la gripa llegó con ellos, así que los indígenas no poseían los anticuerpos necesarios para reconocer el virus y combatirlo; por esa razón morían.

Algunos estudiantes explican que los indígenas morían porque no existían medicamentos, una observación muy natural, pues se supone, que al estar enfermos debemos suministrar medicina para aliviarnos. Además, es muy común pensar que cuando ocurren cambios bruscos en el clima, es normal adquirir un resfriado, pensamiento que pueden deducirse con la observación o la propia experiencia.

En los textos P6.E20., P6.E24. y P6.E26., se hace alusión a reglas de covariación cuantitativa y cualitativa; es decir, a las variables que producen el efecto (cualitativa) y cuantas más causas existan, mayor será el efecto (cuantitativa) (Pozo, et al. 1991, Pozo y Gómez, 1998). Entre las muchas causas de contagio y muerte se encuentran desconocimiento de la enfermedad, cambios climáticos, falta de prevención, ausencia de vacunas, falta de tratamientos, entre otras. Entre más variables se producen, mayor es la posibilidad de llegar a la muerte.

Concepciones sobre la vacuna como independencia, autocuidado y autoestima

El posible desconocimiento de la vacuna como una forma de inmunizar a las personas, induciendo la producción de anticuerpos mediante la aplicación de antígenos, lleva a los estudiantes a explicar la vacuna como una forma de amor propio.

Con respecto a esto, sólo dos estudiantes se ubican en este contexto; sin embargo, nos parece importante hacer alusión a ellas:

P11.E34. “creo que cada persona debe tomar [consciencia de si mismo] y no limitarse a lo que sus padres hagan por él.”

P11.E36. “no porque es necesario hacernos vacunar contra esta enfermedad donde nos puede llegar a causar la muerte [por no querernos ni valorarnos].”

Cuando no se tienen claros o se desconocen los conceptos de antígenos y anticuerpos, se acude a explicaciones sensoriales o basadas en la experiencia, como en este caso. Es claro que aquí no hay explicaciones científicas ni culturales, sino que se recurre a asuntos ético-

morales, sobre el amor propio. Esto sucede porque las personas se encuentran más seguras explicando los fenómenos a partir de su experiencia que de las explicaciones que obtuvieron en la escuela (Flores y García, 2011).

Es importante resaltar que aunque sólo dos respuestas hicieron alusión a este tipo de concepción, nos preocupa que a un nivel de profesionalización, se recurra a este tipo de explicaciones, donde no se ponen en juego saberes y experiencias adquiridas, sino a aclaraciones que en muchas ocasiones podrían usar incluso los niños.

De lo anterior concluimos o reafirmamos el carácter estable de las concepciones alternativas en el tiempo y su resistencia a ser modificadas (Clough y Driver, 1986, Driver, Guesne y Tiberghien, 1985).

Concepciones sobre el acné – pus - adolescencia- poros infectados

Los folículos capilares de la piel contienen glándulas sebáceas, que tienen la función de lubricar la piel. Generalmente, estas glándulas fabrican sebo en cantidades normales, pero cuando los jóvenes entran en la adolescencia, las hormonas estimulan a las glándulas sebáceas, produciendo una mayor cantidad de sebo.

Cuando hay exceso de sebo en la piel, los poros tienden a obstruirse, permitiendo que el sebo, las bacterias y las células muertas de la piel se abran paso por debajo de ésta y produzcan una infección bacteriana. Estas bacterias atrapadas dentro del poro, comienzan a reproducirse, provocando hinchazón y enrojecimiento en la piel; es decir, se forma el acné. En ocasiones, los granos presentan una punta llena de pus, que es una mezcla de leucocitos, células muertas y grasa. La supuración indica entonces que hay una infección producida por bacterias.

Dentro del marco de estas concepciones, los estudiantes manifiestan:

P18E.15. “D, porque el acne es producido cuando un [vello no puede salir] y se causa un [acumulamiento de grasas y no de pus].”

P18.E34. “D, se produce cuando [un poro es infectado] lo causa [cuando nos afeitamos y la cuchilla esta vieja esto produce la infección] o cuando nos aplicamos algún tipo de crema y esta [tapona los poro] nos aplicamos algún tipo de crema y esta tapona los poros [impidiendo que salgan ciertas sustancias].”

En las respuestas anteriores se puede observar que los estudiantes no asocian la formación de pus con el proceso inflamatorio ni con la fagocitosis, desconocen que el pus se produce como un proceso en el cual las células fagocitarias han realizado degradación interna de los agentes extraños y muchas de estas células una vez cumplida su función mueren, como es el caso de los neutrófilos; por lo tanto, en el pus hay presencia de leucocitos, hay restos celulares del tejido inflamado, productos metabólicos celulares y por supuesto agua.

A continuación otras respuestas:

P18.E13. “CA, si porque [si empezamos a tocarnos la cara] y [apretarnos] [entonces nos infectamos] y por esto es que algunas veces [hay pus en el acné].”

P18.E17. C”D, el acné es [producido por bellos que quieren salir y que no pueden porque el poro esta sellado], o [porque el polvo sella el poro]. Tiene muchas razones y el bello no sale, [se tapona en la piel] y se forma el absceso de grasa.”

P18E.26. “CD, se produce el acné en los adolescentes ya que por la mayoría de veces estamos experimentando un [cambio hormonal] o muchas veces por [herencia genética] y si estalla ya es porque son células muertas en nuestra piel”

P18.E29. “D, los glóbulos rojos no se estallan, el pus se produce por [la acumulación de grasa en los poros] o por [infecciones al tener contactos con las manos].”

Las respuestas que dan los estudiantes sobre el acné indican una influencia de sus experiencias personales dentro de la adolescencia e incluso la actual. En este caso, los estudiantes pueden tener alguna idea de las causas del acné y reconocen que puede haber infección; sin embargo, esto es sólo a nivel experiencial porque no brindan explicaciones a

nivel molecular ni explican que esto es un mecanismo de defensa del organismo frente a la infección bacteriana.

En las respuestas anteriores se puede observar que algunos atribuyen la causa del acné a los poros tapados, a la acumulación de grasa, y a cambios hormonales, pero en ninguna respuesta se observa una explicación completa y coherente de acuerdo a la morfología del folículo piloso, de las glándulas sebáceas y sus funciones en la eliminación de células cutáneas muertas. Tampoco explican que el taponamiento ocasiona acumulación de suciedad, bacterias y que puede generarse un proceso inflamatorio.

Lo anterior evidencia la observación y experiencia que se ponen en juego para explicar ciertos fenómenos. Por ejemplo, en la expresión P18.E13., es muy probable que el estudiante cuando ha sufrido de acné, ha tratado de estallararlo con sus manos y por esa razón su explicación la realiza desde ese contexto; lo mismo sucede con P18.E29.

4.2.2.2. Análisis interpretativo sobre las concepciones transmitidas o inducidas

Como establecimos en el análisis descriptivo, las concepciones inducidas son las que ofrecen mayor posibilidad de análisis por el discurso que se utiliza, las relaciones con los modelos explicativos y su origen: escolar o cultural.

Dreyfus y Jungwirth (1988), explican que las concepciones alternativas, posteriores a la enseñanza formal se encuentran en: a) las experiencias de los estudiantes en su interacción con el mundo, b) las experiencias que se derivan de la enseñanza y c) las ideas aprendidas del profesor o del libro de texto.

El sistema educativo no es la única fuente de conocimiento sino que previo a los procesos de enseñanza, los estudiantes se permean de las creencias compartidas por grupos sociales sobre los hechos y fenómenos (Pozo y Gómez, 1998) y llegan al aula con ideas fuertemente arraigadas, con las cuales explican más coherentemente el mundo, en lugar de las científicas.

Partiendo de lo anterior, el análisis de las concepciones inducidas de los estudiantes universitarios, lo realizamos a partir de su origen: social o escolar y, pudimos identificar las siguientes concepciones:

4.2.2.2.1. Concepciones sociales o culturales

Los estudiantes llegan al aula permeados de concepciones que adquieren al interactuar en los distintos grupos sociales y culturales en los cuales se desenvuelven. Allí se forman en la mente “modelos” culturales o comparten creencias con quienes se mantienen en contacto constante.

A continuación presentamos la red semántica para la subcategoría de concepciones inducidas por la cultura:

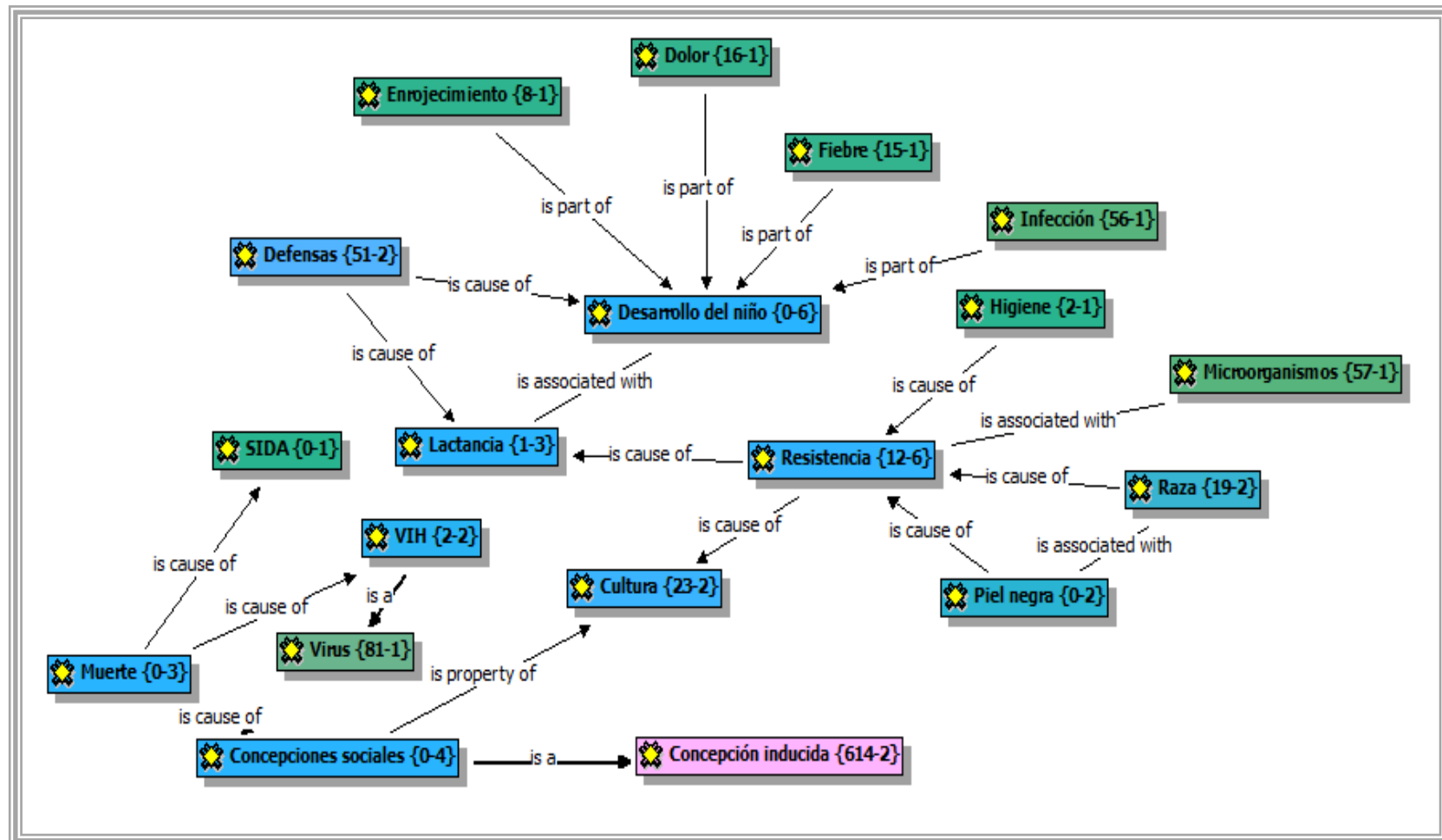


Figura15. Red semántica de la subcategoría concepciones inducidas por la cultura.

A partir del análisis de la red semántica y las oraciones nucleares (Chomsky, 2004) en inmunología, las concepciones inducidas, encontradas durante la investigación fueron:

La leche materna produce inmunidad duradera

Dentro del modelo científico, Ehrlich realizó experimentos en cabras que demostraban la transferencia pasiva de anticuerpos maternos al feto y al recién nacido; por lo tanto, describió la importancia de la leche materna en el recién nacido. Diferenció la inmunidad activa de la inmunidad pasiva, además demostró la eliminación inmune del antígeno. La inmunidad pasiva es una forma de protección rápida, no es duradera (Silverstein, 2009). La inmunidad pasiva materna es un tipo de inmunidad pasiva que se adquiere de manera natural durante el embarazo y se refuerza a través de la lactancia materna.

Una forma de lograr inmunidad adquirida de manera pasiva la constituye el paso de las inmunoglobulinas maternas al feto y al recién nacido a través de la placenta y del calostro y la leche materna. Este tipo de inmunidad se adquiere de manera natural y permite al feto y a los recién nacidos evitar enfermedades infecciosas antes de adquirir su propia capacidad de producir las inmunoglobulinas mediante la vacunación o la exposición a agentes patógenos.

De lo anterior identificamos que los estudiantes no comprenden realmente esta situación y consideran que la leche materna confiere cierta inmunidad duradera, Aunque no lo expresan de forma literal, el hecho de suponer que en la edad adulta, por ejemplo, se enferman menos por haber sido alimentados con leche materna (P15.E18.), los pone en el ámbito de las creencias populares en las que se refuerza la idea de la leche materna como la que confiere inmunidad duradera en primera instancia:

P15.E10. “A, los nutrientes que brindan esta leche son muy importantes fortaleciendo el cuerpo de los bebés y haciéndolos menos propensos a estos microorganismos.”

P15.E18. “CA, creo que si porque la leche materna tiene muchos nutrientes, la verdad en mi caso personal puedo decir que es realidad porque yo no me enfermo con frecuencia. Y si estoy cerca de una persona que tiene gripa no se me “me pega””.

En la respuesta P15.E18 encontramos que el estudiante pone en juego su experiencia y al ser menos susceptible a enfermarse, obtiene como causa la leche materna con la que se alimentó. Este tipo de creencias es muy común entre las abuelas, quienes siempre aconsejan a las madres amamantar a sus bebés para que sean más saludables. Esta idea, también se refuerza a través de medios de comunicación o Internet, donde se establece que la leche materna tiene nutrientes que ayudan a fortalecer el sistema inmune del bebé y, que en el caso de los niños alimentados con leche de fórmula no es así, pues estos se enferman con más frecuencia. Sin embargo, cabe aclarar que no es incorrecto afirmar que la leche materna es vital para los niños debido a que los protege por un tiempo, mediante los anticuerpos (inmunoglobulinas) que la madre pasa a su hijo.

Sobre la pregunta “Los bebés alimentados con leche materna son más resistentes a sufrir enfermedades ocasionadas por microorganismos” donde los estudiantes debían establecer si estaban de acuerdo o no con el enunciado, presentamos estas respuestas, que también nos ubican en el contexto anterior:

P15.E6. “A, la [leche materna tiene muchos nutrientes], cuando un niño es alimentado por esta [se vuelve más resistente] y con [mas mecanismos de defensa contra estos y microorganismos].”

P15.E14. “CA la leche materna [tiene más vitaminas, mas sustancias de defensa] para el bebe, lo cual [la leche de vaca nos las tiene], además esta leche es procesada.”

P15.E19. “A, [la leche materna contiene varios nutrientes], que les permiten a los bebés [desarrollar mecanismos de defensa] mucho [más resistentes a estímulos generados por los microorganismos].”

P15.E25. “CA la [leche materna no solo le proporciona carbohidratos y proteínas], sino que a su vez le [proporciona defensas para poder combatir muchos microorganismos]. El niño entra en contacto con diferentes microorganismos tanto de la madre como del medio.”

En las respuestas P15.E6., P15.E14., P15.E19., y P15.E25., los estudiantes hacen mención a nutrientes, vitaminas, carbohidratos y proteínas como fuente de alimento del bebé, algo

usual en la sociedad, aunque no podemos desconocer que es cierto; sin embargo, los estudiantes los explican desde el ámbito social y no desde el científico.

De los textos las respuestas anteriores inferimos que los estudiantes, permeados de las creencias populares – que obtienen desde la infancia – asocian la leche materna con la inmunidad y que ésta puede ser duradera; no se especifica que es sólo mientras los niños desarrollan su sistema inmunológico, exponiéndose a los antígenos.

A los niños les da fiebre frecuentemente

Dentro de estas concepciones encontramos la siguiente respuesta:

P9.E13. “El médico les diría que la fiebre es por los golpes causados y como los niños por cualquier herida les da fiebre, entonces será muy normal.”

Este tipo de respuesta muestra la influencia de las creencias sociales, en las cuales a los niños les da fiebre frecuentemente. Sin embargo, cabe anotar que los niños empiezan a adquirir inmunidad cuando padecen enfermedades causadas por microorganismos; es decir, enfermedades infecciosas y este proceso es inmunidad adaptativa adquirida de manera activa. En este proceso se genera fiebre por la liberación de pirógenos internos, como PGE2, producidos por algunas células de la inmunidad.

La resistencia es una cuestión de piel

Dentro de la inmunidad natural, encontramos la inmunidad de raza; lo que significa que existen factores genéticos que predisponen a determinados grupos raciales a sufrir algunas enfermedades más fácilmente. Por ejemplo, las personas de raza negra son menos susceptibles a padecer la fiebre amarilla, pero más propensos a la tuberculosis que las personas de raza blanca.

Dentro de las respuestas que se ubican en el contexto de las concepciones sociales, evidenciamos que estos estudiantes asumen que la resistencia de la raza negra se debe al color de la piel, no se tiene en cuenta el papel del sistema inmune, ni los factores constitutivos como la raza, ni los factores genéticos:

P7.E14. “Las personas de [raza negra son más fuertes], [resisten mas] ante esta enfermedad. [Su piel es mucho más fuerte] y por decirlo [así más fina].”

P7.E15. “Las personas de [raza blanca han sido más delicados y propensos a sufrir enfermedades] relacionadas, las personas de [raza negra son un poco más resistentes.]”

En ambas respuestas encontramos una tendencia a atribuir la resistencia a enfermedades al color de la piel. En ese sentido, las personas afrodescendientes poseen un color de piel más “fina” que los blancos y esto se constituiría en una barrera contra los microorganismos.

La inmunidad de raza no es una cuestión de piel ni color, es un asunto genético. Sin embargo, para algunos estudiantes si es de esta manera, pensamiento que puede estar influenciado por dos aspectos: el primero tiene que ver con el enunciado, en el cual se afirma que las personas negras son más resistentes a *Plasmodium vivax* que causa la malaria y el segundo factor es que por sus experiencias cotidianas y su cercanía con personas de esta raza, tengan la concepción de que ellos se “enferman menos”.

Destacamos además, que los estudiantes desconocen los mecanismos moleculares a través de los cuales el microorganismo entra a las células hospedadas. Como se mencionó en el análisis epistemológico, las personas de raza blanca, pero no las de raza negra, poseen en las membranas de los eritrocitos un antígeno del grupo Duffy que sirve de receptor para el *Plasmodium*.

Los genetistas se han dedicado a estudiar las diferencias genéticas y corporales entre la población negra y la blanca y concluyen que no se trata de un tema de personas con la piel más clara o más oscura, sino de las consecuencias de miles de años de evolución en variados terrenos. Los humanos actuales son el resultado de una combinación génica de

varias razas y a pesar de compartir alrededor de 40.000 genes, hay cerca de 500.000 componentes de genes o polimorfismo de nucleótidos, muchos de los cuales son más comunes entre personas de una determinada región geográfica que de otra (Laska, 1986). Sin embargo, muchos estudiantes desconocen esto y expresan:

P7.E10. “Creo que se debe a que las personas de [raza negra son más resistentes] a este virus y e virus no logra desarrollarse en esta raza negra, en cambio en [los blancos son más débiles a este]. El virus se desarrolla mucho hasta alcanzar la malaria en las personas.”

P7.E17. “Las personas de [raza blanca comparados con los de raza negra] son muy [propensos a sufrir más enfermedades].”

P7.E28. “Porque tienen más defensas que los blancos y creo que también [por su color de piel.]”

Culturalmente, las personas de raza negra son menos susceptibles a sufrir enfermedades como cáncer de piel u otras originadas por microorganismos. En las respuestas P7.E21. y P7.E28., explican que probablemente, es el color de la piel lo que hace a las personas de raza negra ser más resistentes a sufrir enfermedades. Sin embargo, no se explica por qué el color de la piel influye en ellos, sino porque tal vez es más fina.

En los textos P7.E10. y P7.E17., los estudiantes afirman que los blancos son más susceptibles – que las personas de raza negra – a sufrir enfermedades, excepto P7.E10., quien solo se refiere a la malaria. Ciertas poblaciones están relacionadas con algunas características como el color oscuro de la piel y la presencia del gen de los eritrocitos en medialuna. Pero estas relaciones no son absolutas. Los factores genéticos pueden explicar la prevaencia de algunas enfermedades de poblaciones específicas y de respuestas fisiológicas a determinadas drogas. Por ejemplo, los europeos del norte son más susceptibles a la fibrosis quística, mientras que las personas de color son genéticamente más susceptibles a un número de enfermedades, incluyendo anemia falciforme y enfermedades cardíacas (Entine, 2001).

En los medios de comunicación es común escuchar o leer que la piel negra es más fuerte que la blanca; no obstante, no explican a qué hace referencia “fuerte” o qué particularidades la hacen así y los estudiantes se quedan con este tipo de información, sin buscar explicaciones científicas.

El contagio en la época de la conquista española

Pozo y Gómez (1998), manifiestan que ciertas ideas sobre la salud y el modelo de contagio en la transmisión de enfermedades, son reflejo de la cultura, los medios de comunicación o la sociedad. En ese sentido, muchas respuestas de los estudiantes hacen referencia al contagio en la época de la conquista española y la muerte de los indígenas.

Aclaremos que en el análisis de las concepciones espontáneas, se hizo alusión a algunas respuestas sobre el contexto de la conquista española; sin embargo, las expresiones que allí se refirieron eran espontáneas por la manifestación de reglas heurísticas, características de las construcciones sensoriales. Aquí, presentaremos las que consideramos que son inducidas por la cultura:

P6.E10. “Estos indígenas morían debido a la gripe, ya que los españoles que llegaron a su tierra [traían con ellos este virus y muchos otros] y [contaminaban su ambiente sano] y [se contagiaban poco a poco] [extendiendo el virus por toda su gente].”

P6.E18. “Pienso que al ocurrir tanta masacre, las personas que si perdían la vida, no les hacían su debido [manejo para sepultarlos] y los dejaban al aire libre posiblemente este [ambiente tan contaminado] creo que el virus de la gripe y [las personas que no morían se contagiaban con tese ambiente] y esto les [producía la muerte] en un par de días.”

P6.E20. “Por el [ambiente tan contagiado] me imagino que en aquella época también hubo muchos muertos, entonces hechos desencadenaron muchas infecciones en este caso la gripe o también puede ser que estaban expuestos a cambios climáticos.”

Un asunto muy común es atribuir la transmisión de virus debido a la falta de higiene o la contaminación en el lugar en el que se habita. Los textos P6.E10., P6.E18. y P6.E20.hacen

referencia a que los ambientes insalubres— aunque no se explicita el concepto— son causantes de que los indígenas adquirieran el virus.

Aunque sabemos que un ambiente contaminado predispone más a las personas a sufrir enfermedades infecciosas, no es la única razón. En la época de la conquista, el origen de las muertes se debió a que el virus causante de la gripa llegó por primera vez a América y el sistema inmune de los indígenas no tenía los anticuerpos para identificar y neutralizar el elemento extraño.

Los estudiantes al no encontrar una respuesta cercana a la científica, recurren al mal manejo de los cadáveres para explicar que esto era lo que causaba la enfermedad y muerte de los indígenas, pues los cuerpos sin vida de sus compañeros de batalla se convertían en la causa de múltiples padecimientos. Esta idea proviene de los contextos sociales en los que ellos se desenvuelven, donde también es importante el manejo de los cuerpos a la hora de la prevención de enfermedades. Siguiendo la propuesta de Pozo y Gómez (1998) sobre el modelo de contagio en la transmisión de enfermedades, inferimos que los estudiantes que se ubican en esta perspectiva, consideran el ambiente – contagiado de virus – el vector de múltiples enfermedades infecciosas, idea que según los autores, son reflejo de la cultura, los medios de comunicación o la sociedad.

SIDA – contagio – VIH – muerte

Sobre las relaciones entre el VIH, el SIDA y la forma de transmisión, encontramos dos ideas diferentes, ambas influenciadas por la cultura: mecanismos de transmisión del VIH y la disminución de defensas causan la muerte.

a) Mecanismos de transmisión del VIH

El síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), es una enfermedad infecciosa causada por el virus VIH, un retrovirus que se encuentra envuelto en una capa compuesta de glicoproteínas, las cuales son necesarias para que el virus, ingrese a las células hospederas.

El VIH infecta principalmente a las células T o linfocitos T colaboradores, que tienen en su membrana el receptor CD4. Los linfocitos T producen las citocinas y coordinan el sistema inmunológico para que ejerza su acción.

Lo anterior es un tema que desconocen los estudiantes a profundidad; sin embargo, si tienen conocimiento sobre los mecanismos por los cuáles el VIH se transmite, pero a la hora de preguntar al respecto responden con ideas propias de la cultura, como las que se presentan a continuación:

P4.E1. “Nos infectan por medio de los fluidos corporales, ya sea [saliva], sangre, etc.; por medio de [la saliva produciría un cambio de PH salival pasando a las células] y por sangre pasaría inmediatamente a las células.”

P4.E4. “Nos infectan estos virus por tener contacto con la sangre del infectado, [saliva] y transmisión sexual, ya que se contagia por ya entrar a nuestro organismo y ya ser afectados.”

En estas respuestas vemos como los estudiantes piensan que a través de la saliva – aunque no desconocen la transmisión sexual– se puede transferir el VIH, una idea que se ha generalizado mucho en el ámbito social, por el temor de relacionarse con una persona infectada y llegar a contagiarse.

En las respuestas que presentamos a continuación los estudiantes explican que este tipo de virus (VIH, *Herpes zóster*) se pueden adquirir a través de las vías respiratorias. Es una idea que refleja el desconocimiento de la forma como estos virus operan y como han interiorizado la concepción de que los virus se encuentran en el aire, llegando a pensar que son todos y no sólo algunos:

P4.E10. “Estos virus nos infectan muy fácil, ya que están alrededor de nosotros, de nuestro entorno de ahí pasan por nuestro [sistema respiratorio] que es una [forma de contagio].”

P4.E28. “Porque [cuando nosotros respiramos] [nos entra el virus al exhalar] y nos afecta nuestro cuerpo produciéndose cada vez mas hasta producirse alguna enfermedad [puede ser la gripe, el herpes o el sida.]”

En el texto P4.E28., evidenciamos que incluso el estudiante confunde exhalación con inhalación, pues el virus entraría al inhalar, no al exhalar.

b) Disminución de defensas causan la muerte

Como mencionamos anteriormente, el VIH disminuye la actividad de los linfocitos T, evitando que se produzcan las respuestas inmunológicas adecuadas; por lo tanto, las personas infectadas por el virus tienen un sistema inmune ineficiente, pues éste no es capaz de reconocer agentes extraños y destruirlos. Por esa razón, las personas con SIDA mueren por la imposibilidad de que su sistema inmune los proteja contra los agentes patógenos.

En el ámbito social es recurrente escuchar que las personas tienen las “defensas bajas”, lo que significa que su sistema inmune se encuentra débil debido a la deficiencia de linfocitos T. No obstante, como sabemos, las personas no están familiarizadas con estos conceptos y buscan otro tipo de expresiones para referirse a ello. En ese sentido, los estudiantes no son ajenos a estas ideas y responden lo siguiente para referirse a la forma cómo actúa el VIH:

P17.E1. “A, porque estas personas al padecer el sida [se le bajan completamente las defensas], haciéndolos más susceptibles a cualquier tipo de enfermedad.”

P17.E11. “CA, las personas con sida mueren por las infecciones, porque ellas son pacientes con [muy bajas defensas] y cualquiera de estas enfermedades los puede matar.”

En estas respuestas observamos que los estudiantes no dan explicaciones a nivel molecular ni tienen los conceptos de linfocitos. Consideramos entonces, que socialmente los linfocitos T se asocian como las defensas, por el desconocimiento de los conceptos y a pesar de estar en el contexto universitario esta idea persiste y los procesos de enseñanza no han logrado modificarla.

La varicela se sufre una vez en la vida

Es común que las abuelas expresen que la varicela debe dar en la niñez por dos razones: a) no se repite y b) en la edad adulta es más peligrosa. Este tipo de concepción se refleja en respuesta como las siguientes:

P14.E18. “CA, porque se supone que cuando se es niño y este tipo de enfermedades ya nos dio y si por casualidad ya no hemos vacunado no tiene por qué dar. [Yo pienso en esto pero en realidad no sé si tiene razón, esto es lo que muchas personas dicen].”

P14.E37. “A, la verdad no se pero [he escuchado] que la varicela solo da una vez puede ser porque le organismo genera inmunidad a ella.”

Aunque en un menor porcentaje, este tipo de respuestas se ubican dentro de las concepciones socialmente inducidas, podemos observar que los estudiantes desconocen lo que sucede desde el punto de vista inmunológico y aluden a lo que han escuchado.

4.2.2.2.2. Concepciones escolares

En el análisis descriptivo establecimos que las concepciones inducidas son aquellas que nos permiten un mayor análisis, especialmente las inducidas por la escuela, debido a que aparecen conceptos asociados los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores. La figura 16 muestra red semántica de las concepciones inducidas por la escuela:

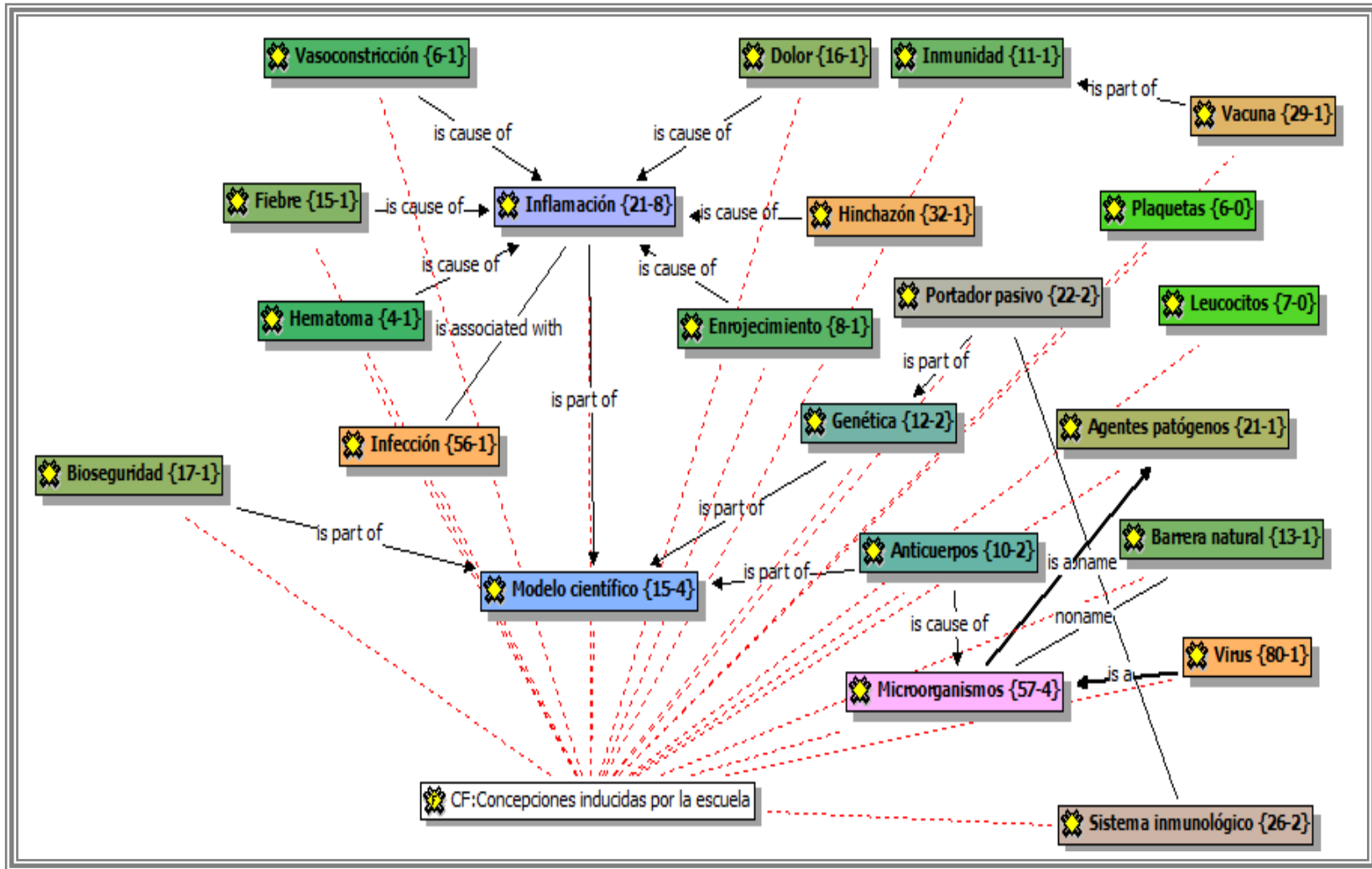


Figura 16. Red semántica de la subcategoría concepciones inducidas por la escuela.

Encontrar concepciones inducidas por la escuela era lo esperado en un estudio con estudiantes universitarios, pues estos ya han pasado por procesos de formación escolar, en los cuales han aprendido algunos conceptos relevantes para la inmunología; sin embargo, estas explicaciones son superficiales y no logran hacer análisis a nivel molecular.

Dentro de las concepciones inducidas por la escuela logramos establecer relación con los modelos pre-científico y científico de la inmunidad. Estas relaciones se establecen por el uso de procesos como la fagocitosis y la inflamación y, la forma como se utilizan algunos conceptos relevantes. Cabe anotar que el uso de terminología especializada no se hace a un nivel profundo, pero al aparecer en las explicaciones, nos lleva a pensar que previamente deben haber sido asumidas mediante procesos de enseñanza.

4.2.2.2.1. Modelo pre-científico

La primera descripción escrita del concepto inmunidad pudo ser hecha por el ateniense Tucídides, que en el 430 a. C. describió que cuando la peste afectó a Atenas, los enfermos y moribundos estuvieron cuidados por personas que sufrieron la peste, se recuperaron y ninguna de estas personas fue atacada jamás por segunda vez. Se deriva de este pasaje histórico que “no se sufre la enfermedad dos veces y de padecerla, la recaída nunca es mortal” (Iglesias-Gamarra, et al., 2009).

El 18% de las respuestas coinciden con la explicación anterior sobre el modelo explicativo pre-científico. Podemos ver algunos ejemplos a continuación:

P14.E15. “A, [este virus no se vuelve a repetir] ya que el cuerpo ya [ha creado una defensa contra la varicela] y se vuelve [inmune a esta], entonces al tener contacto con una persona que la padezca el cuerpo no la va a volver a contraer.”

P14.E25. “A, al sufrir esta enfermedad el organismo al mismo tiempo [crea las defensas necesarias para que la próxima vez que se ponga en contacto con este no vuelva a padecerlo] y pueda atacarlo, ya que se crean una [defensas específicas] para atacarlo.”

Aunque en las respuestas anteriores no se usa un lenguaje especializado, evidenciamos que los estudiantes saben que el sistema inmune tiene memoria y es capaz de reconocer los agentes patógenos y destruirlos fácilmente. Comprenden que el sistema inmune “crea inmunidad” es decir; inmunoglobulinas específicas para el virus invasor.

En la respuesta P14.E25., determinamos que cuando el estudiante expresa [...*defensas específicas*...], tiene el concepto de especificidad; es decir, comprende que los antígenos tienen anticuerpos específicos. Aunque sabemos que no utiliza los términos adecuados, esta explicación nos indica que previamente debe haber conocido algo del tema y lo expresa de forma implícita.

Ubicamos también las siguientes respuestas en el contexto del modelo pre-científico:

P14.E6. “A Creo que [no vuelven a sufrir esta enfermedad] ya q los linfocitos los reconocen y se [crea un mecanismo de defensa], para atacarlo cuando llegue nuevamente, es por ello que una persona que sufrió de [varicela no le vuelve a dar].”

P14.E16. “A, se vuelven inmunes a la enfermedad y es reconocido por el cuerpo.”

Recordemos que el modelo pre-científico se caracteriza porque las enfermedades infecciosas sólo se sufren una vez en la vida, pues la exposición a los patógenos otorga inmunidad duradera y de esta forma el organismo se hace más resistente (Silverstein, 2009, Iglesias-Gamarra, et al., 2009). En las respuestas anteriores es evidente que los estudiantes tienen claro que el sistema inmune después de haber reconocido por primera vez al virus causante de la varicela, en una segunda oportunidad tendrá los antígenos específicos para éste y lo neutralizará rápidamente.

4.2.2.2.2. Modelo científico

El nacimiento de la inmunología como ciencia marca el inicio del modelo científico, que se caracteriza por una serie de descubrimientos científicos que datan desde 1776 hasta la actualidad.

Edward Jenner en 1796, organizó y preparó el protocolo fundador de la inmunología experimental en la medicina occidental. Para ello inoculó a un niño con pus procedente de las lesiones de viruela-vacuna que una lechera tenía en sus manos y seis semanas después realizó el mismo procedimiento con pus de una lesión activa de viruela humana. Un mes después lo volvió a inocular pero con el doble de la dosis inicial; de esta manera el niño inoculado resistió la viruela. Debido a este hecho, a Jenner se le atribuye el comienzo de la inmunología como ciencia; sin embargo, para muchos, el inicio de ésta se remonta años atrás, cuando Lady Mary Montagu utilizó la escarificación; para otros la inmunología como ciencia comienza con el mitridatismo, (Geddes, 2006, Jenner, 1801, 1805, citados por Iglesias-Gamarra, et al., 2009).

El análisis de las oraciones con sentido (Chomsky, 2004) acerca de la inmunidad, nos permitió ubicar las concepciones que presentaremos a continuación, como escolares, básicamente por el uso de términos especializados, que se adquieren mediante procesos escolarizados. El uso de conceptos científicos es uno de los factores más importantes para identificar este tipo de concepciones, pues estos, sean bien o mal utilizados, reflejan un conocimiento sobre el tema, ya sea a través de libros de texto o del profesor.

Los estudiantes que se ubican en este contexto tienen claro muchos de estos conceptos y los utilizan en sus respuestas. Sin embargo, las explicaciones son superficiales y en algunos momentos utilizan términos inadecuadamente o confunden unos con otros, pero el utilizarlos sugiere que los han estudiado y previamente deben haber pasado por procesos de enseñanza formal.

El modelo científico se caracteriza por la incorporación de los conceptos de inflamación, anticuerpo, antígeno, inmunidad innata, inmunidad adquirida. En la figura 17 se presentan

algunas de las respuestas de los estudiantes y el concepto del modelo científico al cual se asocian:

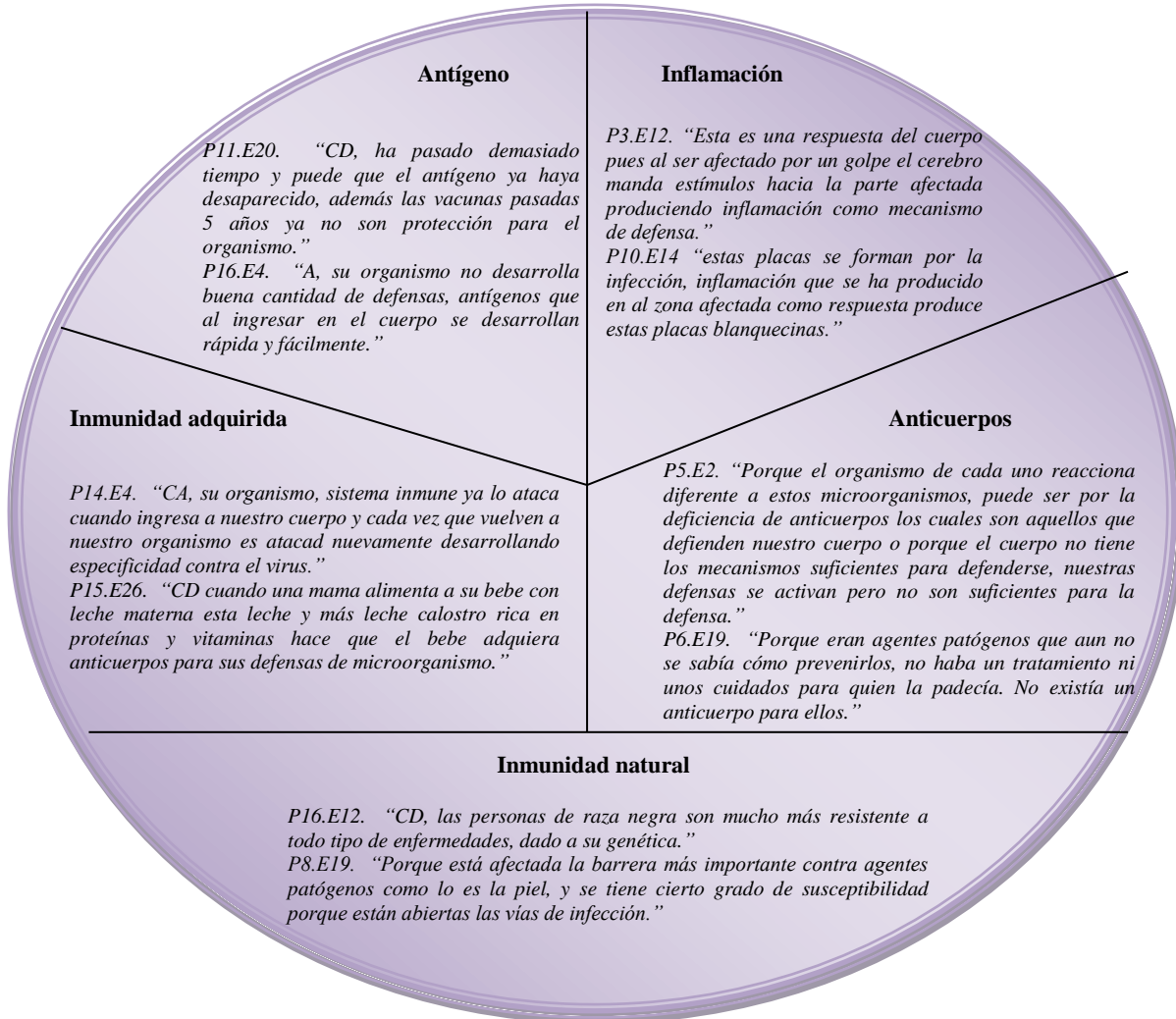


Figura 17. Tipología de respuestas encontradas en el modelo científico.

Las respuestas anteriores son consecuentes con las características del modelo científico; además, los estudiantes utilizan términos especializados, muchos de ellos adecuadamente, aunque no a un nivel profundo.

Algunas de las ideas escolares que caracterizamos dentro del modelo científico son:

Vasoconstricción provoca inflamación

La inflamación, se considerada como el conjunto de mecanismos de respuesta de los tejidos vivos frente a una agresión física, química, infecciosa o autoinmune, encaminados a localizar, aislar y destruir el agente agresor y a reparar el daño tisular producido por él. La inflamación es constituyente de la inmunidad innata y de la adquirida. En términos generales el proceso de inflamación está constituido por un componente local y otro sistémico. En el componente local participan los sistemas del complemento, coagulación, kininas, citoquinas, metaloproteínas, entre otros. La sinergia entre estos procesos produce vasodilatación localizada así como incremento de la permeabilidad capilar, lo cual facilita el paso de líquidos, células y moléculas a los tejidos afectados (Orrego, et al., 2012). Las siguientes respuestas se ubican en este contexto:

P3.E3. “Las hinchazones se dan porque cuando hay un golpe la zona afectada experimenta una [vasoconstricción], lo que [provoca la inflamación].”

P3.E5. “[Porque hay una vasoconstricción] donde los tejidos de la parte afectada se interrumpe y crean [desestabilización del bazo] y se produce [hinchazón y moretones].”

P3.E25. “Porque [ocurre una vasoconstricción] en la zona afectada, aumentando en primer lugar [el flujo sanguíneo], y a su vez causando la hinchazón.”

Conceptos como vasoconstricción, inflamación, desestabilización del bazo y flujo sanguíneo, son claramente aprendidos en la escuela. El concepto de inflamación hace parte del modelo científico de la inmunidad.

La bioseguridad disminuye el riesgo de enfermedades.

El Ministerio de Salud de Colombia (1997) establece que:

“La BIOSEGURIDAD, se define como el conjunto de medidas preventivas, destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atenten

contra la salud y seguridad de trabajadores de la salud, pacientes, visitantes y el medio ambiente.”(pp.8).

Los estudiantes universitarios a quienes se les aplicó el instrumento, tienen claro que la bioseguridad es esencial en su área. Este hecho es claramente entonces una concepción proveniente de la enseñanza formal y se constituye en el punto de partida de mecanismos de precaución ante los agentes patógenos. En este contexto ubicamos las siguientes respuestas:

P1.E1. “Porque [en las clínicas hay unas norma de bioseguridad] ya que en estas se encuentran [diversas patologías, hongos, virus, bacterias; como también hay personas sanas], entonces todos deben tener en cuenta [la bioseguridad para seguridad del paciente y del medico].”

P1.E18. “[Nos exigen que nosotros las personas que estudiamos la carrera de salud vacunarnos] porque nosotras estamos [expuestos a cualquier virus, bacteria al atender pacientes], por eso debemos cuidar nuestra salud no solo vacunándonos sino también utilizando las barreras de [bioseguridad].”

En la respuesta P1.E18., el estudiante expresa que es una exigencia de la universidad que se vacunen contra ciertas enfermedades y que sigan las normas de bioseguridad. Entendemos con esto, que probablemente estas fueron instrucciones que se dieron al ingresar a la institución, pues todos los hospitales, laboratorios y anfiteatros deben tener un manual de precauciones universales que deben seguir para prevenir y controlar enfermedades infecciosas. Los demás estudiantes, saben que estas normas son preventivas, pues están expuestos a numerosas situaciones que los hacen susceptibles a la entrada de agentes patógenos.

La inmunidad y los factores genéticos

Desde el punto de vista científico, un factor extrínseco que afecta la capacidad antigénica es la constitución genética del organismo. La capacidad del sistema inmune depende de

algunos factores genéticos de cada individuo. Por ejemplo, algunas condiciones genéticas predisponen a diversos grupos raciales a sufrir enfermedades infecciosas: en los seres humanos, se ha comprobado que ciertos haplotipos de los loci DRB1 y DQB1 son numerosos en personas de África occidental, lo que les proporciona protección a las consecuencias de la malaria (Iáñez, 1999). Cabe resaltar que los factores genéticos no son determinantes, pues interactúan varios aspectos.

Los estudiantes que consideran que los factores genéticos influyen en la predisposición a ciertas enfermedades infecciosa, expresan lo siguiente:

P5.E7. "Porque hay ciertas personas que tiene defensas más altas o [genéticamente están mejor adecuadas para defenderse contra estos organismos]."

P7.E12. "[La raza afroamericana tiene mucha más resistencia] y vienen [genéticamente adaptados a este parasito]."

P18.E10. "CD, se produce el acné en los adolescentes ya que por la mayoría de veces estamos experimentando un cambio hormonal o muchas veces por [herencia genética] y si estalla ya es porque son células muertas en nuestra piel."

P20.E12. "CA. [Su organismo genéticamente adaptado] para que este virus no lo afecte."

Las respuestas P5.E7., P7.E12. y P20.E12., claramente inducidas por contextos escolares, expresan que las personas menos susceptibles a enfermedades están genéticamente más adaptadas; es decir, que tienen el concepto de los aspectos genéticos en la inmunidad, aunque no lo explican desde la respuesta inmune y la capacidad antigénica. Sin embargo, de sus respuestas inferimos cierto grado de apropiación o conocimiento sobre el tema.

En el texto P18.E10., el estudiante indica que la formación de acné puede ser producida por factores hereditarios y/o cambios hormonales. Reconoce que ciertas personas están predispuestas a enfermedades o ciertas condiciones, debido a su constitución genética.

Inmunidad de especie

La inmunidad de especie se refiere a las características genéticas que son comunes en cierto grupo de organismos y que ofrecen la capacidad de producir anticuerpos específicos contra ciertos patógenos. Por ejemplo, los seres humanos son resistentes a muchos patógenos que causan enfermedades infecciosas en plantas y animales y, algunos animales y plantas son resistentes a los que colonizan a los seres humanos.

La rabia es una enfermedad infecciosa causada por Lyssavirus, este virus afecta a todos los mamíferos y se transmite por medio de secreciones infectadas cuando se es mordido por un animal infectado. Las ratas son altamente resistentes al virus que produce la rabia, mientras que los seres humanos no los somos. En este contexto ubicamos las siguientes expresiones:

P2.E6. “Porque [las ratas son portadoras del virus], mientras que [nosotros no] al adquirimos, sino que nos infectamos y porque [los genes son muy diferentes en los ratones].”

P2.E12. “[Las ratas tienen un sistema inmunológico especializado] para no ser afectadas por tal virus.”

P2.E14. “Seguramente [la rata tiene antígenos para combatir este virus], lo cual hace que no tenga ninguna reacción en su cuerpo. [Nosotros no tenemos las defensas necesarios para combatir este virus] nos causa efecto en nuestro organismo.”

Todas las respuestas anteriores son inducidas por la escuela, pues tienen claridad en algunos conceptos y reconocen que existe selectividad o especificidad a ciertos virus, pues algunos de ellos sólo tienen la capacidad de producir la enfermedad en determinadas especies y en otras no, porque los organismos que lo reconocen pueden producir el anticuerpo y los otros no.

Las barreras naturales disminuyen el riesgo de infecciones

Los principales componentes de la inmunidad innata son las barreras físicas, químicas y biológicas, las células fagocitarias, ciertos linfocitos y células asesinas naturales o NK (Natural Killer) y factores solubles que incluyen los componentes del complemento y las

citoquinas que median la fagocitosis y la inflamación (Doménech, Gibello, Collado, Porras y Blanco, 2008).

La mayoría de estudiantes saben que la piel hace parte de la inmunidad innata y es el primer mecanismo de defensa frente a la entrada de agentes patógenos. Frente a esto, podemos observar las siguientes respuestas:

P8.E15. “Porque al sufrir daños por quemaduras [la piel que es la primera barrera de protección para nuestro cuerpo] se lesiona e incluso depende del tipo de quemadura puede lesionar muchas cosas más. Por esto al estar en un centro médico en esas condiciones [son más propensos a que los microorganismos los puedan infectar más fácil debido a las lesiones de la piel].”

P8.E19. “Porque [está afectada la barrera más importante contra agentes patógenos como lo es la piel], y se tiene cierto grado de susceptibilidad porque están abiertas las vías de infección.”

P8.E21. “[Porque sus tejidos están expuestos ya que no poseen una barrera protectora como al piel], lo cual permite que cualquier microorganismo se introduzca en el tejido y se reproduzcan y se alimente de él, [produciendo una infección o muerte del tejido].”

En las respuestas anteriores, P8.E15., P8.E19. y P8.E21., los estudiantes utilizan el concepto de barrera, lo que sugiere – y era de esperarse – que han estudiado las líneas de defensa del sistema inmunológico y conocen la forma cómo estas actúan, evitando la colonización de y evitan en ocasiones de agentes patógenos.

Otras respuestas encontradas no explicitan el concepto barrera, pero mencionan que la piel evita la entrada de los microorganismos. Expresan entonces la función protectora de la piel en primera instancia.

4.2.2.3. Análisis interpretativo sobre las concepciones analógicas

Varela (1997) establece que es muy común que en los libros de texto y en los medios de comunicación, se presente el sistema inmunológico como un sistema de reconocedores

dirigidos al exterior, moléculas que miran hacia afuera con el fin de defender lo que constituye nuestro cuerpo. Este hecho sugiere claramente un modelo que se formula como una analogía de tipo militar. En ese sentido, el modelo clásico está explícito en esta visión, pues se considera que el sistema inmunológico se basa en una serie de soldados (anticuerpos) dirigidos al exterior para atacar el enemigo (antígeno).

Las concepciones analógicas encontradas en el grupo de estudiantes analizados, sugiere que se establecen analogías de tipo militar, explicando la función del sistema inmunológico como un ejército encargado de atacar al enemigo y defender el organismo.

Dentro del contexto de la guerra y las operaciones militares, existen términos con una gran carga marcial. En momentos de guerra, quienes se enfrentan planean sus tácticas para vencer y entre este tipo de discurso encontramos términos como atacar, combatir, defender y batallar.

Partiendo de lo anterior, vale la pena aclarar que las expresiones que utilizan los estudiantes no revelan explícitamente el modelo clásico de la inmunidad; es decir, no usan de forma explícita la analogía, ni expresan que los anticuerpos son soldados. Sin embargo, en el contexto de las respuestas, la forma y el uso de términos, indican analogías implícitas en su estructura mental.

Atacar

En la táctica militar se coordinan acciones para derrotar al enemigo. En este contexto, atacar se refiere al actuar de mandos y tropas, para que a través de enfrentamientos bélicos se venza al enemigo. Dentro de los estudiantes que se ubican en las concepciones analógicas, encontramos las siguientes respuestas en las que se usa el concepto de atacar:

P11.E3. “CD, porque si el virus llegase a infectar a Juan, su organismo no lo va a reconocer, por lo que no sabía cómo [actuar para atacarlo].”

P12.E4. “CA. En la niñez nuestro cuerpo en crecimiento y constante cambio, y a medida que crecemos [los virus van siendo reconocidos por nuestro organismo para atacarlos].”

P20.E10. “D. Creo que no porque esta infección es muy fuerte y ningún [sistema inmunológico es capaz de atacarlo].”

En estas respuestas es claro que existen dificultades para explicar la inmunidad desde el punto de vista científico, pero se trata de relacionar lo aprendido con conceptos cotidianos. Se relaciona un concepto particularmente usado en el ámbito de la guerra para explicar el funcionamiento del sistema inmune. Resaltamos que en las respuestas que se ubican en este contexto, el atacar se refiere a que el sistema inmune ataca, no los agentes patógenos. Con respecto a este último, podemos decir, que atacar no se usa inadecuadamente, pues ellos atacan el sistema inmunológico, en el caso de las células del sistema inmune, éstas no atacan, sino que identifican, neutralizan y destruyen los agentes extraños.

Los docentes de ciencias en busca de lograr aprendizajes significativos en sus estudiantes, buscan muchas veces, relacionar el mundo con los conceptos científicos y llegan a pensar que las analogías siempre ayudan a asimilar correctamente lo que se les enseña, como lo establece Pozo y Gómez (1998), los docentes consideran que las analogías son útiles para dar significado al dominio nuevo que se les presenta; por ende, estas se convierten en un reflejo de la enseñanza.

Combatir

El concepto combatir se usa en el ejército para indicar que existe un conflicto violento específicamente entre las fuerzas militares en la guerra. Es diferente a luchar, que también es un conflicto violento, pero entre países o individuos.

Las siguientes respuestas ubican las concepciones analógicas dentro del contexto del combate:

P2.E14. “Seguramente la rata tiene [antígenos para combatir este virus], lo cual hace que no tenga ninguna reacción en su cuerpo. Nosotros no tenemos las defensas necesarios para [combatir este virus] nos causa efecto en nuestro organismo.”

P15.E21. “D, la leche materna es una gran fuente de defensas para el bebe, principalmente la calostro permite que el bebe obtenga defensas para cuando posea [algún virus tenga más posibilidades de combatirlo].”

P15.E25. “CA la leche materna no solo le proporciona carbohidratos y proteínas, sino que a su vez le proporciona defensas para poder [combatir muchos microorganismos]. El niño entra en contacto con diferentes microorganismos tanto de la madre como del medio.”

En la respuesta P2.E14., el estudiante tiene claro, el funcionamiento del sistema inmune, en el sentido que comprende la inmunidad de especie, aunque confunde los anticuerpos con los antígenos. La analogía – implícita – que el estudiante usa, se deriva, evidentemente de procesos de enseñanza o de libros de texto.

Los otros textos explican que las defensas – en este caso las células del sistema inmune – combaten los virus – el enemigo – para evitar las enfermedades. Vemos cómo conceptos que se usan en otros ámbitos, se mezclan con los científicos para explicar el concepto de inmunidad.

Defender

Se defiende un acusado en un juicio, un país, la integridad física y el sistema inmune contra la acción de microagresores. En este sentido, defender se ajusta a las funciones del sistema inmunológico. Sin embargo, también es una palabra muy utilizada en el contexto militar, para referirse a proteger y salvar la vida de los civiles.

Sobre el concepto defender encontramos las siguientes respuestas:

P3.E23. “Se produce hinchazón que el cuerpo reaccionan, en el momento del golpe y a la [zona afectada tratan de defenderse].”

P5.E2. “Porque el organismo de cada uno reacciona diferente a estos microorganismos, puede ser [por la deficiencia de anticuerpos] los cuales son aquellos [que defienden

nuestro cuerpo] o porque el cuerpo [no tiene los mecanismos suficientes para defenderse], [nuestras defensas se activan pero no son suficientes para la defensa].”

En el texto P3.E23., el estudiante explica que quien se defiende es la zona afectada, más no el sistema inmune, aunque inferimos que su idea era explicar que la hinchazón en una forma en la que el cuerpo se defiende.

En la respuesta P5.E2., el estudiante utiliza reiteradamente defender y defensas. Aquí, tiene claro el concepto de anticuerpo, – pues sabe que hacen parte del sistema inmune – pero trata de relacionar términos cotidianos con los científicos y en ninguna parte utilizó otra expresión para su respuesta.

Batallar

Una batalla es un combate o pelea bélica entre dos contendientes. Desde el punto de vista científico, no se puede explicar el funcionamiento del sistema inmune desde este contexto.

Encontramos solo una respuesta, que relacionamos a continuación:

P5.E32. “Porque [el sistema inmune no es capaz de batallar] los microorganismo y se produce la enfermedad, como también puede que este afectado el sistema inmune de la persona.”

El estudiante manifiesta que el sistema inmune batalla contra los microorganismo, lo que sugiere una analogía – implícita –, en la que el sistema inmune es un ejército y los microorganismos los oponentes u enemigos.

Guerra

La guerra es sin lugar a dudas, un concepto que se refiere a conflictos entre grupos o individuos, con el propósito de exterminar el enemigo. Esta es la idea que el estudiante que se ubica en este ámbito tiene y en este caso, la analogía si se hace explícita:

P4.E20. “estos virus entran a nuestro organismo con el tan solo contacto, por medio de las mucosas, por la sangre, relaciones sexuales riesgosas, ellas entran en el caso de herpes depende si es simple que ataca la boca o los genitales, si es el herpes zóster, [que ataca el sistema nervioso] y este a su vez provoca llagas o vesículas en los órganos destruyéndolos totalmente, y en [el sida que ataca el sistema inmune], estos virus entran y [es casi similar a una guerra], entran y atacan las células dependiendo del caso.”

Este estudiante también utiliza el término atacar, pero al finalizar su texto, indica que es “similar a una guerra”, comparando el sistema inmune con el contexto del conflicto armado; es aquí donde la analogía y por ende, el modelo clásico de la inmunidad se hace explícito. El estudiante explica que quien ataca aquí es el SIDA y los virus, vemos entonces que cree que el SIDA es un virus.

Aunque en esta respuesta el estudiante dice que quien ataca son los virus y no el sistema inmunológico – que es quien debe “atacar” para poder realizar la analogía – al expresar que se produce una guerra se establece la analogía.

En general, sabemos que entre el sistema inmune y el agente patógeno no se producen guerras, luchas, ataques, sino interacciones y una serie de acciones desencadenantes que llegan a dos finales: a) la producción de anticuerpos que reconocen los microagresores, lo neutralizan y eliminan o b) que el sistema inmune no pueda reconocer el agente extraño y no pueda producir los anticuerpos específicos para ese antígeno.

4.2.3. Conclusiones preliminares

Con el análisis de las concepciones pudimos corroborar que estas ideas son consecuentes con algunos modelos explicativos de la inmunidad. Las concepciones analógicas son sin duda consecuentes con el modelo clásico, en el cual el sistema inmune es aprendido como el que se encarga de batallar y combatir los agentes extraños.

Por su parte, las concepciones inducidas se relacionan con los modelos pre-científico y científico de la inmunidad. El modelo pre-científico se basa en ideas inducidas por la cultura, fuertes creencias arraigadas, especialmente que vienen de tiempos remotos y se han pasado por varias generaciones a través de las abuelas. Por su parte, las concepciones escolares son consecuentes con el modelo científico, aunque encontramos pocos conocimientos sobre la respuesta inmune frente a la acción de microagresores y algunas ideas que podrían potencialmente obstaculizar el aprendizaje en profundidad

Por otra parte, las concepciones espontáneas no se relacionan con ningún modelo explicativo, sino que develan la forma como los estudiantes representan en su mente los fenómenos a partir de sus vivencias. Se trata más bien de creencias que se forman desde la infancia y que como expresan Pozo y Gómez (1998) se relacionan mucho con las ideas del contagio y la salud. El lenguaje común y con poca precisión denota pues este tipo de concepciones espontáneas, que luego pueden ser reforzadas por los aprendizajes inadecuados en otros contextos.

Reconocer estas concepciones debería ser un punto de partida obligado para los maestros, en el sentido que les permita plantear nuevas estrategias didácticas para intervenir estas ideas en el aula. Algunos enfoques actuales son muy globales y no disponen de alternativas explícitas para atender las diferencias individuales en las capacidades cognitivas, destrezas que poseen los alumnos o hábitos de razonamiento que desarrollan (Campanario y Otero, 2000).

4.3. Categoría de análisis: Análisis cognitivo-lingüístico

El análisis cognitivo-lingüístico se realizó a partir de las respuestas más extensas de los estudiantes sobre la inmunidad. El análisis del discurso escrito de los estudiantes lo realizamos a partir de dos subcategorías: coherencia y estructura del discurso.

4.3.1. Coherencia discursiva

La coherencia de un discurso la determina el orden de las oraciones y su significado en un contexto determinado: puede ser global o local. En el análisis del discurso de los estudiantes, la coherencia local y global determinan, en unión con el contexto en el cual se genera (para nuestro caso la inmunidad), sus múltiples significados (Tamayo, 2001)

Para un mejor análisis, decidimos estudiar la coherencia a partir de las respuestas que ubicamos en los diferentes modelos explicativos. Conviene aclarar que estos modelos conceptuales en los que los ubicamos, se relacionan con los análisis epistemológico y ontológico presentados en las páginas anteriores.

A continuación, presentamos el análisis de la subcategoría coherencia del discurso, partiendo de algunos de los textos más largos dados por los estudiantes sobre la inmunidad:

4.3.1.1. Modelo clásico

En los análisis previos a la categoría cognitivo-lingüística establecimos que este modelo se relaciona con analogías de tipo militar, donde se utilizan términos como batallar, combatir, defender y atacar. Dentro de este contexto, ubicamos la siguiente respuesta:

P2.E14. “¹[Seguramente la rata tiene antígenos para combatir este virus], ²[lo cual hace que no tenga ninguna reacción en su cuerpo]. ³[Nosotros no tenemos las defensas necesarios para combatir este virus] ⁴[nos causa efecto en nuestro organismo].”

En el texto citado, el número de ideas es de 4, de las cuales, las tres primeras se relacionan y tratan de sustentar una idea central: la rata tiene antígenos específicos. La cuarta idea es confusa, pues no se evidencia uso de conectores. La tabla 11 muestra las ideas encontradas en este caso y su significado dentro de los procesos de respuesta inmune:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Especificidad

2	Portador pasivo
3	Especificidad
4	Manifestación clínica

Tabla 11. Número de ideas del texto P2.E14., y su significado desde la inmunidad.

Evidenciamos que de la idea 3 tiene el mismo significado que la 1 (especificidad); es como si de la 2, regresara a la 1 y terminara con la 4, que aunque no está precedida de un conector indica una idea relacionada con lo que ha venido diciendo (concluye). De esto concluimos que hay una tendencia a la coherencia lineal— cada enunciado implica la información del anterior—, pues sólo se usan 4 variables, las cuales son coherentes unas con otras, pues no se contradice. Sin embargo, los argumentos son débiles y consisten en justificaciones individuales no relevantes (Tamayo, 2001).

A continuación analizamos otro texto dado por los estudiantes que se ubican dentro del modelo clásico de la inmunidad:

P14.E32. “CA, ¹[ya que el sistema inmune ya sabe como atacar y por eso no se vuelve a producir la enfermedad] ²[no se da ni en la niñez ni en la edad adulta]; ³[de nuevo se ya la ha adquirido alguna vez].”

En la respuesta anterior, identificamos 3 ideas relacionadas unas con otras, aunque no se establecen relaciones profundas; es decir, es una representación lingüística superficial, en la que el estudiante retoma la idea de la pregunta para responder. Sólo pone en juego una concepción aprendida (el sistema inmune reconoce el virus).

El enunciado fue:

14. Los niños que sufren varicela cuando son adultos nunca vuelven a padecer esta enfermedad. CA A D CD

En la tabla 12 podemos observar las ideas identificadas en P14.E32., y el significado que tienen desde la inmunidad:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Memoria inmunológica
2	Inmunidad de edad
3	Inmunidad adquirida

Tabla 12. Número de ideas del texto P14.E32., y su significado desde la inmunidad.

En la idea 1, el estudiante expresa que el sistema inmune ya tiene los anticuerpos necesarios para neutralizar el microagresor; desde la inmunidad esto es memoria inmunológica, inducida por inmunidad activa adquirida de forma natural. Con la idea 2 evidenciamos que toma como referente el enunciado, sobre la inmunidad de edad y con la 3, concluye que no se padece nuevamente – pues ya estuvo expuesto al antígeno – gracias a la inmunidad adquirida.

El análisis de esta expresión nos permite identificar que el estudiante usa dos modelos: clásico y pre-científico. En el primero hace referencia a que el sistema inmune ataca, lo que se relaciona con la analogía de tipo militar, en la que las células del sistema inmune atacan, combaten, batallan o defienden el organismo. Sobre el segundo modelo, expresa que la enfermedad no vuelve a aparecer (postulado de Tucídides); no obstante, puede ser que la presencia de este modelo esté determinada por el contexto de la pregunta.

Probablemente el estudiante sabe poco del tema y se le presentó una pregunta en la cual debía abordar ideas nuevas para él o que no ha asimilado bien en los procesos de enseñanza; así que elabora una respuesta superficial.

A continuación analizamos otra respuesta:

P10.E25. “¹[se forman debido a los leucocitos que llegan atacar la infección en las amígdalas].

²[Los leucocitos buscan atacar los microorganismos que causan la infección], ³[los cuales causan a su vez la amigdalitis].”

Se presentan 3 ideas generales, en las que se usan conceptos propios de la inmunidad: leucocitos, infección (aunque es más adecuado enfermedad infecciosa) y microorganismos.

El texto es claramente tautológico, pues las ideas 1 y 2 son iguales - los leucocitos atacan la infección- prácticamente lo mismo que con idea 1 y, con la idea 3 concluye que los microorganismos causan la infección.

En la tabla 13 relacionamos el número de ideas con su significado para la inmunidad:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Reconocimiento de lo extraño
2	Reconocimiento de lo extraño
3	Enfermedad infecciosa

Tabla 13. Número de ideas del texto P10.E25., y su significado en la inmunidad.

Observamos que es un enunciado superficial, redundante y aunque utiliza conceptos propios de la inmunología, desconoce los procesos que suceden a nivel molecular.

La presencia de lo fenoménico unido a la ausencia de lo reflexivo en el actuar de los estudiantes los lleva, en términos de producción textual, a describir de manera tautológica lo observado y, en consecuencia, a evidenciar comprensiones superficiales o descripciones literales (Ibíd.).

Con esto concluimos que dentro del modelo explicativo clásico encontramos discursos con coherencia local. Destacamos el hecho de sólo haber encontrado un máximo de 40 palabras (P14.E32.) y máximo 4 ideas para explicar los fenómenos relacionados con la inmunidad, lo que refleja discursos poco reflexivos, con coherencia lineal, poco elaborados, con poca exigencia conceptual y pocas ideas alejadas de la pregunta (tautológicos).

Se observa la tendencia general a elaborar discursos donde no es clara la funcionalidad de las diferentes proposiciones utilizadas en el conjunto total de la explicación. Esta baja coherencia funcional está acompañada, en general, con el uso de un bajo número de proposiciones diferentes, (bajo número de variables en la explicación), lo cual conduce a la

elaboración de discursos que siguen secuencias causales o condicionales con poco poder explicativo (Tamayo y Sanmartí, 2002).

4.3.1.2. Modelo pre-científico

El modelo pre-científico se relaciona con el postulado de Tucídides, que establece que algunas enfermedades sólo se padecen una vez y que de padecerla, la recaída nunca es mortal. En este ámbito ubicamos la siguiente respuesta:

P14.E3. “CA, ¹[porque la primera vez que se presenta esta enfermedad el organismo crea una inmunidad] ²[y por lo tanto cuando vuelve a aparecer el organismo ya está preparado] ³[y sabe cómo defenderse].”

En el texto citado se utilizan 3 ideas, en las que trata de explicar por qué la varicela sólo da una vez en la vida. En la idea 1, el estudiante establece que el organismo “crea inmunidad”; es decir, produce los anticuerpos para reconocer y neutralizar el virus. A pesar que aparece el término inmunidad se entiende que desconoce los conceptos apropiados y las explicaciones a nivel molecular.

La idea 2, claramente condicional, establece que al aparecer nuevamente el virus, el organismo ya está preparado, pues “creó inmunidad”. Con la idea 3, concluye que el sistema inmune puede neutralizar el agente patógeno.

En la tabla 14 se presentan las ideas descritas en el texto P14.E3., y su significado en la inmunidad:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Exposición a antígenos – inmunidad adquirida
2	Producción de anticuerpos
3	Respuesta inmunológica

Tabla 14. Número de ideas del texto P14.E3., y su significado desde la inmunidad.

Se evidencia coherencia local, discurso causal y condicional, en el que el estudiante trata de dar a entender que la exposición a un agente patógeno por primera vez, conlleva a una

inmunidad adquirida que induce memoria inmunológica; si el patógeno regresa nuevamente se produce una respuesta inmunológica y no se manifiestan síntomas clínicos.

El análisis de este texto demuestra que el estudiante utiliza explicaciones cercanas a concepciones sociales, donde se sabe que la varicela, por ejemplo, sólo aparece una vez en la vida, pero no se hace uso de conceptos científicos. Esto significa que su discurso se limita a la reproducción de ideas inmersas en el ámbito cultural y de lo que encuentra en la pregunta (14).

En la oración 1 el estudiante – en términos de la inmunidad – alude a dos expresiones distintas: exposición al patógeno e inmunidad adaptativa y como consecuencia el organismo ya está preparado – posee los anticuerpos – (idea 2) para contrarrestar la acción del agente patógeno (idea 3).

Otra respuesta que nos permitió analizar la coherencia dentro del modelo pre-científico es:

P14.E6. “A ¹[Creo que no vuelven a sufrir esta enfermedad] ²[ya q los linfocitos los reconocen] ³[y se crea un mecanismo de defensa], ⁴[para atacarlo cuando llegue nuevamente], ⁵[es por ello que una persona que sufrió de varicela no le vuelve a dar].”

Identificamos del texto anterior, un total de 5 oraciones o variables que se ubican en el contexto del modelo pre-científico, centradas en memoria inmunológica y especificidad del anticuerpo

En la tabla 15 presentamos el número de ideas identificadas en P14.E6., y lo que consideramos que ellas representan en el campo conceptual de la inmunidad.

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Memoria inmunológica
2	Especificidad
3	Inmunidad adquirida
4	Opsonización – fagocitosis y degranulación

5	Memoria inmunológica
---	----------------------

Tabla 15. Número de ideas del texto P14.E6., y su significado para la inmunidad.

En la respuesta P14.E6., el estudiante emplea el lenguaje de formas diferentes: cuando se refiere al modelo pre-científico (ideas 1 a la 3) y cuando se refiere al clásico (ideas 4 y 5). Es un ejemplo, de cómo se difuminan los conceptos, llegando a usar dos modelos explicativos en la misma respuesta. Su lenguaje muestra más seguridad cuando se refiere al modelo pre-científico y pareciera que del modelo clásico puso en juego sus ideas socialmente inducidas o las ideas tomadas de la pregunta.

Cuando el estudiante hace alusión al modelo pre-científico lo hace con cierta seguridad y utiliza un concepto de uso científico: linfocitos; sin embargo, elabora un texto con una representación textual superficial. En el modelo clásico no parece comprender qué sucede a nivel molecular, ni cómo se producen las relaciones antígeno – anticuerpo; esto significa que cuando debe dar explicaciones más precisas o del ámbito molecular, su texto es impreciso, pero al inicio (ideas 1 a la 3) supone un intento de elaborar una buena explicación.

A continuación otro ejemplo de respuesta de un estudiante en el contexto del modelo pre-científico:

P14.E26. “CA, ¹[cuando somos niños y padecemos esta enfermedad es mucho más fácil de que este salga de nuestro cuerpo] ²[mientras que un adulto está más propenso a que se vuelva de alto riesgo] ³[porque puede no poseer las vacunas necesarias] ⁴[y que le de fiebre por dentro] ⁵[y varicela dentro de su cuerpo] ⁶[y causar la muerte].”

En la respuesta P14.E26., identificamos un total de 6 oraciones – uno de los textos más extensos y con mayor cantidad de ideas–. Sin embargo, vemos como el número de oraciones no determina la coherencia ni la elaboración de discursos elaborados.

La tabla 16 muestra el número de ideas de P14.E26., y qué significado tienen éstas en el contexto de la inmunidad:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Inmunidad de edad
2	Inmunidad de edad
3	Inmunidad adquirida por vacunación
4	Respuesta inmunitaria
5	Colonización
6	Disminución de respuesta inmunitaria

Tabla 16. Número de ideas del texto P14.E26., y su significado desde la inmunidad.

Vemos que la 1 y 2 se refieren a lo mismo – inmunidad edad –, pero en la 1 describe la situación en la niñez, mientras que en la idea 2 se refiere a la edad adulta; por esa razón, decidimos separarlas. Entre estas dos ideas lo que el estudiante quiere explicar es que los niños tienen mayores posibilidades de recuperarse pronto, mientras que los adultos son más propensos a complicarse, debido a la varicela. Desde el punto de vista de la inmunología, los niños son más propensos a enfermarse porque su sistema inmune apenas se está desarrollando; por lo tanto, no necesariamente los niños se recuperan pronto, al contrario, si su sistema inmunológico no logra crear los anticuerpos necesarios, pueden morir. En este caso, cuando habla de los adultos, cambió el contexto de la pregunta o no la analizó debidamente y hace alusión a la varicela en los adultos, pero cuando no les ha dado en la infancia. Es por eso, que su respuesta se torna confusa, con poca coherencia.

Sólo entre las ideas 1 y 2, podemos ver que el estudiante pone en juego una concepción inducida por la cultura – cuando la varicela da en la edad adulta es más riesgoso que en la niñez – para explicar el tema de la varicela. No analizó debidamente la pregunta y explicó desde la generalidad o lo que ha escuchado. Con la idea 3, complementa un poco la 2, al decir que además que los adultos son más propensos, pueden no tener la vacuna.

La idea 4 se refiere al aumento de la temperatura o a la fiebre, que es una respuesta normal del organismo ante la invasión de un cuerpo extraño. Lo que llama la atención es la expresión “fiebre por dentro”, muy común en ciertos contextos sociales. La idea 5 expresa que la varicela está dentro del cuerpo, cuando realmente la varicela es la enfermedad o manifestación clínica ocasionada por un herpesvirus y con la idea 6 simplemente concluye que la varicela puede causar la muerte.

De lo anterior concluimos que es un texto superficial, poco coherente y no es clara la función de cada oración dentro del texto completo.

En general, podemos establecer que los estudiantes presentan un discurso con coherencia local o lineal, en la que parafrasean, en muchos casos, el texto de la pregunta. No establecen relaciones complejas ni ponen en juego conocimientos nuevos para sus explicaciones. Esto sucede tanto con el modelo clásico como con el pre-científico.

4.3.1.3. Modelo científico

El modelo científico tiene unas características que lo diferencian de los otros: vacunación, se comprende que las bacterias son causantes de las enfermedades, se habla de inflamación y fagocitosis como mecanismos inmunológicos, entre otros.

A continuación analizamos la coherencia discursiva de una respuesta que se ubica en el modelo científico:

P18.E25 “D, ¹[el pus se produce como una respuesta del sistema inmune] ²[para atacar la infección de la zona] ³[ya que los leucocitos migran hacia esa zona].”

En el texto anterior identificamos 3 ideas y su lenguaje lo ubica en los modelos: modelo científico (idea 1 y 3) y modelo clásico (idea 2). Con la idea 1 el estudiante muestra que tiene claridad sobre algunas formas en la que el sistema inmune produce una respuesta, pero cuando debe continuar su texto, llegando a explicaciones a nivel molecular, lo dice desde la analogía (implícita) o simple generalidad.

A continuación, presentamos la tabla 17:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Respuesta inmunitaria
2	Reconocimiento de lo extraño
3	Inmunidad adquirida por vacunación

Tabla 17. Número de ideas del texto P18.E25., y su significado para la inmunidad.

Evidenciamos nuevamente un texto con coherencia local y a pesar que se ubica en el modelo científico, utiliza muy pocos conceptos con el lenguaje apropiado. No logra relacionar adecuadamente las oraciones en el párrafo, así que se deben analizar individualmente, no como un todo.

A continuación otra respuesta que analizamos a la luz del discurso y del modelo científico:

P19.E26. “CA, ¹[las zonas tropicales y húmedas habitan muchos mosquitos y zancudos y hay mucha humedad que es la vivienda de estos animalitos] ²[y están más en contacto con nosotros] ³[y al picarnos nos puede producir esta enfermedad] ⁴[pero si poseemos esta vacuna] ⁵[estos anticuerpos actúan cuando vean microorganismos desconocidos en nuestro cuerpo].”

En este caso, encontramos 5 ideas que se mezclan, dificultando la identificación de ideas unificadoras; es decir, es un texto poco coherente, con ausencia de algunos conectores que faciliten su lectura y comprensión. En otras palabras, su proceso de generalización no le ha permitido identificar las ideas esenciales desde las cuales organizar su discurso, o lo que es lo mismo, su proceso de generalización es tan vago que no es posible identificar algunas ideas como centrales que le permitan elaborar discursos con coherencia global (Tamayo y Sanmartí, 2005)

En la tabla 18 presentamos las ideas identificadas en el texto P19.E26., y el significado que consideramos que éstas tienen en la inmunidad:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Hábitat
2	Interacción parásito hospedero
3	Etiología de la enfermedad
4	Inmunidad adquirida – vacunación
5	Anticuerpos – respuesta inmunológica

Tabla 18. Número de ideas del texto P19.E26., y su significado desde la inmunidad.

El enunciado propuesto fue:

19. Cuando los americanos y los europeos viajan a zonas tropicales les exigen la vacuna contra la malaria. CA A D CD Justifica la respuesta.

Teniendo en cuenta el contexto del enunciado y la respuesta de este estudiante, consideramos que la idea 1 es bastante confusa pues cuando dice “animalitos” no comprendemos si se refiera al virus que causa la malaria o a los mosquitos – vectores biológicos del virus – y zancudos de los que venía hablando. Cuando pasa a la idea 2 no encuentra una oración que permita enlazar las ideas 1 y 2 claramente. Con la idea 3, este estudiante explica que los mosquitos o zancudos cuando nos pican producen la enfermedad; parece que no comprende que es el mosquito el que transmite, pero no la enfermedad, sino el virus. Posteriormente utiliza un adversativo – con la idea 4 – afirmando que algo sucede si poseemos la vacuna.

La idea 5 evidencia la presencia del modelo científico, pues hace alusión a los anticuerpos, explicando que ante la presencia de los microorganismos, actúan para neutralizarlos. Sin embargo, es una idea vaga y superficial.

Así vemos, que este estudiante a pesar de ubicarse en el modelo explicativo científico, no se exige conceptualmente y pareciera que durante su explicación pusiera en juego más su percepción sobre los eventos estudiados que los conocimientos aprendidos, excepto en la idea 5; no obstante, en esta última idea cuando establece que [*estos anticuerpos actúan cuando vean microorganismos...*] en su lenguaje establece que los anticuerpos ven, no que identifican o reconocen.

Otra respuesta que ubicamos en el modelo científico fue:

P3.E22. “¹[La hinchazón se produce porque cuando se ocasiona el golpe] ²[inmediatamente nuestro cuerpo manda la señal] ³[para que los anticuerpos se dirijan a la zona afectada].”

La pregunta fue:

3. Cuando nos golpeamos se produce una hinchazón en la zona afectada, ¿puedes explicar porqué?

En el texto P3.E22., identificamos una respuesta que no se distancia de la pregunta, pues el estudiante no expone otros puntos de vista, ni pone en juego los conceptos aprendidos en la escuela – excepto anticuerpos – sino que recurre al contexto de la pregunta para responder. Se evidencia un texto superficial, con coherencia lineal y poco funcional.

A continuación la tabla 19 con el número de ideas presentadas por P3.E22., y su sentido para la inmunidad:

Idea	Significado desde la inmunidad
1	Hinchazón
2	Respuesta inmunológica
3	Reconocimiento de lo extraño

Tabla 19. Número de ideas del texto P3.E22., y su significado desde la inmunidad.

En el texto identificamos 3 ideas que no se conectan adecuadamente entre sí, lo que no facilita ver el párrafo como un texto global, sino como tres ideas poco organizadas. Desde el punto de vista de la inmunidad, este es un discurso poco funcional, pues si tuviésemos que organizarlo en función de la forma adecuada en la que se dan los procesos inmunológicos, la idea 3 tendría que ser la 1, la 2 conservaría su lugar y la 1 tendría que ser

la 3. En conclusión, es una representación lingüística superficial, elaborada a partir de las del texto base.

A pesar de su discurso poco elaborado y con poca funcionalidad, la respuesta del estudiante se ubica en el modelo científico de la inmunidad por hacer alusión a los anticuerpos y la forma cómo responden ante situaciones como un golpe. Sin embargo, denota conocimientos superficiales sobre el tema y tiene dificultades para dar explicaciones a nivel molecular.

Dentro del análisis cognitivo-lingüístico, no encontramos textos con coherencia global, pues en todas las respuestas analizadas, encontramos ideas poco coherentes, no se establecen relaciones nuevas, en un gran porcentaje se limitan a responder con el texto base – la pregunta – no se ponen en juego conocimientos nuevos, ni buscan explicaciones más elaboradas. A continuación presentamos esquemáticamente la ubicación de las respuestas de los estudiantes a la luz de la coherencia discursiva, la exigencia conceptual y los modelos explicativos:

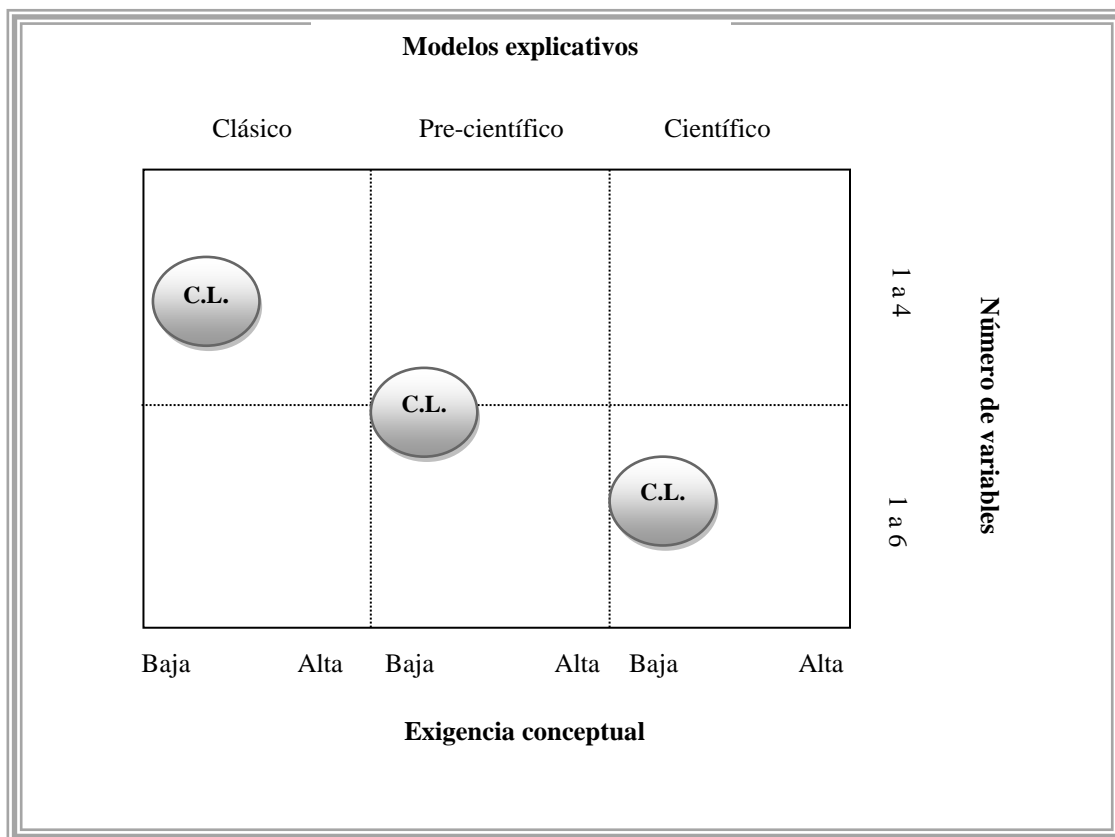


Figura 18. Coherencia discursiva de los estudiantes universitarios sobre el campo conceptual de la inmunología (tomada y adaptada de Tamayo, 2001). C.L.: Coherencia local o lineal.

En la figura 18 observamos que todos los datos analizados nos llevan a identificar discursos con coherencia local y una baja exigencia conceptual, sin importar el modelo conceptual en el cual se ubican. Además, el número de variables u oraciones no llega a más de 6; aunque en el modelo clásico se encuentra entre 1 y 4.

La exigencia conceptual, la analizamos a la luz de las oraciones nucleares (Chomsky, 2004) acerca de los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de los microagresores y, en todos los casos, fue baja porque se utilizan términos científicos sin significado claro, lo que evidencia un lenguaje aprendido superficialmente o de forma inadecuada.

Se evidencia dificultad para dar significado global a las explicaciones realizadas por los estudiantes, debido a la ausencia de proposiciones unificadoras en su discurso. Esto sugiere que en una sola respuesta podemos encontrar varias proposiciones con ideas diferentes, indicando una intencionalidad en la explicación inicial que se pierde llegando a otra proposición diferente e incluso contradictoria (Tamayo, Orrego y López, 2014).

4.3.1.4. Otras respuestas utilizadas para el análisis de la coherencia discursiva

Algunas respuestas de los estudiantes resultaron difíciles de analizar porque presentaban incoherencias, dificultades en lo gramatical, problemas de semántica lingüística y semántica lógica, tal que, no pudimos clasificarlas dentro de ningún modelo explicativo de la inmunidad. Los textos que citamos a continuación son réplicas del texto base, oraciones sin sentido o textos tautológicos:

P2.E36. “Puede ser por las defensas que tengamos que a veces como son buenas también tienden a sobrecaer es decir nuestro cuerpo como es fuerte, también puede ser débil y es ayuda a que nos enfermemos.”

P13.E6. “CD. Lo que hace el mosquito es sacar sangre y dejar un aguijón en la piel, al sacar la sangre. La piel se enrojece y la hinchazón es por el aguijón que dejan, el cambio de temperatura es debido a que la sangre es caliente.”

P22.E.6. “Las bacterias causan daño estos microorganismos las bacterias causan daño, porque comienzan a formar un microambiente al cual no estamos acostumbrados a vivir con él, es algo extraño y puede afectar cualquier parte que nos conforma.”

Observamos en el texto P2.36., que la idea es tan confusa, que no pudimos identificar variables y, el lenguaje utilizado es completamente tautológico. No se identifica una idea central ni ideas secundarias que permitan, por lo menos, responder la pregunta.

El texto P13.E6., es una concepción espontánea, en la que el estudiante se limita a contar lo que cree que sucede cuando un mosquito pica a una persona y no lo considera como un vector biológico, sino como un animal que “*chupa la sangre*” únicamente. Además, tiene la idea de que la sangre es caliente, razón por la cual hay aumento de temperatura.

Claramente, esta es una respuesta superficial, con ninguna exigencia conceptual y basada solo en lo sensorial.

Ahora bien, en la respuesta P22.E6., nuevamente observamos un texto tautológico, en el cual, en la primera parte, el estudiante redundante en el daño que hacen las bacterias y luego no es claro en la forma como los microorganismos causan este perjuicio.

4.3.2. Estructura del discurso

Los conectores son palabras que permiten unir las partes de un mensaje y establecer una relación lógica entre las oraciones. Son esenciales para demarcar el paso de una idea a otra; por ejemplo, demarcan la contra-argumentación y permiten observar cómo se van rebatiendo los contraargumentos.

Para comprender la estructura del discurso tuvimos en cuenta el tipo de conectores que utilizan los estudiantes en sus respuestas. Los conectores utilizados se agruparon en tres categorías: los causales que incluye los conectores de causa, de condición y de consecuencia; los de certeza o de razón y los de oposición. A continuación se caracteriza cada uno de estos grupos de conectores (Tamayo, 2001):

- *Causa (ca)*: indican que los enunciados que los siguen dan razón de los enunciados precedentes.
- *Condición (cd)*: siempre que en un texto aparece un condicional, éste va seguido de una consecuencia.
- *Consecuencia (co)*: indican que los enunciados que los siguen son efecto de los razonamientos antecedentes o de una condición.
- *Certeza o razón (ra)*: indican que los enunciados que los siguen son enunciados dados por válidos por el estudiante.
- *Oposición (op)*: estos conectores señalan que los enunciados dados a continuación tienen alguna diferencia respecto a los que le preceden.

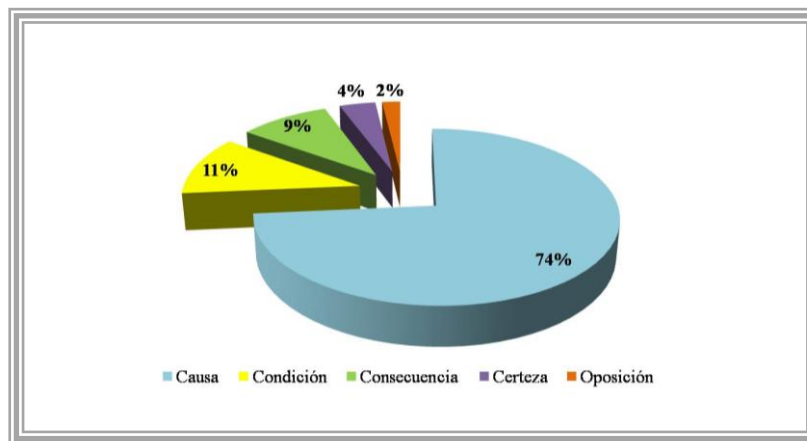
Cabe resaltar que algunos textos se caracterizan por el bajo uso de conectores, por lo que en ciertas respuestas se dio sentido a las oraciones para determinar el tipo de “conexión” entre una proposición y otra.

Retomamos las respuestas más representativas y extensas de los estudiantes dentro de cada uno de los modelos explicativos de la inmunidad y analizamos el tipo de conectores utilizados, así como el tipo de causalidad utilizada:

- Causalidad simple: en el que se encuentran pocas variables de manera secuencial. Se basan en una definición de conceptos, en términos absolutos, más que como una relación entre otros conceptos previamente definidos (Tamayo, 2001).

- Causalidad compleja: uso de relaciones causales entre más de dos variables contenidas en el texto; se da control de co-variación múltiple (Ibíd.). En este tipo de causalidad interviene la relación, la temporalidad, el código de lenguaje y el acceso al sentido. Podría decirse que las causas no son ni únicas, ni múltiples, sino complejas.

El 94% de las explicaciones dadas por los estudiantes, emplean conectores causales. De este total, el 78% utilizan conectores de causa, el 12% de condición y el 10% de consecuencia. El restante lo constituyen 4% de conectores de certeza y 2% de oposición (ver gráfica 2).



Gráfica 2. Distribución porcentual de los principales tipos de conectores encontrados en los textos escritos, realizados por los estudiantes.

Plantear que son discursos causales no es nuevo, (Gutiérrez, 1996) y esto lo pudimos corroborar durante el análisis. Se observó la tendencia general a elaborar discursos causales en los que no es clara la funcionalidad de las diferentes proposiciones utilizadas en el conjunto total de la explicación. Esta alta causalidad está acompañada de un bajo número de variables en las explicaciones (2 ó 3, máximo 6 con baja coherencia local), lo que sugiere la elaboración de discursos con poco poder explicativo.

Sólo un 4% de los textos elaborados por los estudiantes presentan conectores de razón, cuya importancia radica en que a partir de ellos podemos identificar concepciones transmitidas o inducidas en los estudiantes, adquiridas principalmente por influencia de la escuela, del libro de texto, del discurso del profesor o de la cultura. Esto inquieta un poco, si se tiene en cuenta que son textos elaborados por estudiantes universitarios, quienes, se supone, tienen cierto grado de apropiación de algunos conceptos.

El uso de conectores causales está relacionado con el tipo de explicación y con el tipo de pensamiento empleado por los estudiantes. Este aspecto ha sido estudiado extensamente hasta el punto de ser posible caracterizar con detalle el tipo de pensamiento en diferentes edades, así como de establecer los diferentes componentes del pensamiento causal, (Gutiérrez, 1990, 1994, 1996; Pozo, et al. 1995; Kleer & Brown, 1983, citados por Tamayo, 2001). Sin querer adentrarnos en estos aspectos ya conocidos, es importante resaltar el dominio de la causalidad y del pensamiento causal en el grupo de estudio.

Para un mejor análisis de los conectores empleados por los estudiantes para explicar los procesos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de los microagresores, presentamos a continuación la siguiente tabla (ver tabla 20), en la cual la columna correspondiente a *texto*, recoge la información dada por los estudiantes frente a algunas preguntas del instrumento aplicado. Se seleccionaron los más extensos y en otros casos los más ricos conceptualmente y, sobre ellos se realizó el análisis centrado en las *oraciones*, correspondiente a la segunda columna del cuadro; en esta columna se señalan, con el subrayado los conectores empleados por los estudiantes. En la columna

correspondiente a los *conectores* se identifican éstos según sean de causa, condición, de consecuencia, de razón o de oposición:

Texto	Oraciones	Conectores				
		ca	cd	co	ra	op
“Porque al tener amigdalitis las amígdalas tienen un poco de hinchazón y al consumir algún alimento afecta las amígdalas y se producen placas blanquecinas.” (P10.E28.)	<u>Porque</u> al tener amigdalitis las amígdalas tienen un poco de hinchazón y al consumir algún alimento afecta las amígdalas y <u>se producen</u> placas blanquecinas.”	X		X		
“Esto se debe a que el mosquito deposita estos microorganismos y entonces actúa inmediatamente nuestro sistema inmune ante estos anticuerpos causando la hinchazón y enrojecimiento y la alta temperatura en nuestro tejido.” (P13.E10.)	Esto <u>se debe</u> a que el mosquito deposita estos microorganismos y <u>entonces</u> actúa inmediatamente nuestro sistema inmune ante estos anticuerpos <u>causando</u> la hinchazón y enrojecimiento y la alta temperatura en nuestro tejido.	X		X		
“Porque en las clínicas hay una norma de bioseguridad ya que en estas se encuentran diversas patologías, hongos, virus, bacterias; como también hay personas sanas, entonces todos deben tener en cuenta la bioseguridad para seguridad del paciente y del médico.” (P1.E1.)	<u>Porque</u> en las clínicas hay una norma de bioseguridad <u>ya que</u> en estas se encuentran diversas patologías, hongos, virus, bacterias; como también hay personas sanas, <u>entonces</u> todos deben tener en cuenta la bioseguridad para seguridad del paciente y del médico.”	X X		X		
“Porque el sistema inmune no es capaz de batallar los microorganismo y se produce la enfermedad, como también puede que este afectado el sistema inmune de la persona.” (P5.E32.)	“ <u>Porque</u> el sistema inmune no es capaz de batallar los microorganismo y <u>se produce</u> la enfermedad, como también puede que este afectado el sistema inmune de la persona.”	X	X			
“CD, porque si el virus llegase a infectar a Juan, su organismo no lo va a reconocer, por lo que no sabía cómo actuar para atacarlo.” (P11.E3.)	CD, <u>porque</u> si el virus llegase a infectar a Juan, su organismo no lo va a reconocer, <u>por lo que</u> no sabía cómo actuar para atacarlo.	X		X		

<p>“CA, porque la primera vez que se presenta esta enfermedad, el organismo crea una inmunidad y por lo tanto cuando vuelve a aparecer el organismo ya está preparado y sabe cómo defenderse.” (P14.E3.)</p>	<p>CA, <u>porque</u> la primera vez que se presenta esta enfermedad, el organismo crea una inmunidad <u>y por lo tanto</u> cuando vuelve a aparecer el organismo ya está preparado <u>y sabe cómo defenderse.</u>”</p>	<p>X</p>		<p>X X</p>		
<p>“estas enfermedades nos infecta ya que en nuestro cuerpo tenemos el sistema inmune que es el que nos protege, cuando estamos en contacto con el portador de algunas de estas enfermedades, el sistema inmune reacciona, pero el virus lo ataca y el cuerpo no tiene inmunidad ante el virus y cada vez se hace más fuerte.” (P4.E23.)</p>	<p>estas enfermedades nos infecta <u>ya que</u> en nuestro cuerpo tenemos el sistema inmune que es el que nos protege, <u>cuando</u> estamos en contacto con el portador de algunas de estas enfermedades, el sistema inmune reacciona, <u>pero</u> el virus lo ataca y el cuerpo no tiene inmunidad ante el virus y cada vez se hace más fuerte.</p>	<p>X</p>	<p>X</p>			<p>X</p>
<p>“Porque una persona que sufrió una quemadura, tiene una herida abierta y por esta razón son más susceptibles a que microorganismos colonicen en una de sus partes afectadas.” (P8.E1.)</p>	<p><u>Porque</u> una persona que sufrió una quemadura, tiene una herida abierta y <u>por esta razón</u> son más susceptibles a que microorganismos colonicen en una de sus partes afectadas.</p>	<p>X</p>		<p>X</p>		
<p>“estas enfermedades nos infecta ya que en nuestro cuerpo tenemos el sistema inmune que es el que nos protege, cuando estamos en contacto con el portador de algunas de estas enfermedades, el sistema inmune reacciona, pero el virus lo ataca y el cuerpo no tiene inmunidad ante el virus y cada vez se hace más fuerte.” (P4.E23.)</p>	<p>estas enfermedades nos infecta <u>ya que</u> en nuestro cuerpo tenemos el sistema inmune que es el que nos protege, <u>cuando estamos en contacto</u> con el portador de algunas de estas enfermedades, el sistema inmune reacciona, <u>pero el virus</u> lo ataca y el cuerpo no tiene inmunidad ante el virus y cada vez se hace más fuerte.</p>	<p>X</p>	<p>X</p>			<p>X</p>

<p>“Primero en todas hay que estar relacionado con alguien que tenga el virus o estar en un lugar infectado, el virus ingresa en el organismo y va acabando con nuestras defensas, produciendo muchos síntomas molestos y alejándonos susceptibles a cualquier otra enfermedad si el virus no es tratado debidamente seguirá ocasionando daños en el organismo.” (P4.E35.)</p>	<p><u>Primero</u> en todas hay que estar relacionado con alguien que tenga el virus o estar en un lugar infectado, el virus ingresa en el organismo y va acabando con nuestras defensas, <u>produciendo</u> muchos síntomas molestos y alejándonos susceptibles a cualquier otra enfermedad si el virus no es tratado debidamente seguirá ocasionando daños en el organismo.</p>		X			
--	--	--	---	--	--	--

Tabla 20. Tipo de conectores empleados por los estudiantes en su discurso acerca de la inmunidad.

En la tabla 20 observamos que en su mayoría, los textos presentados emplean conectores causales, ya sean estos de causa, consecuencia o condición. Este alto uso de conectores causales tanto en expresiones cortas como en textos largos y, la organización de las proposiciones de manera lineal, hace pensar en el empleo del pensamiento causal por parte de los estudiantes.

Además de lo anterior, al examinar el tipo de causalidad de los textos, encontramos que el 100% de las respuestas analizadas presentan causalidad simple, en la que se utilizan pocas variables de manera secuencial, sin atender a relaciones con otros conceptos. Se entiende que esta causalidad simple (lineal) está determinada por la sucesión plana de causas y de efectos. Herrera (2008) plantea que en las ideas previas la relación causa-efecto es lineal – esto es consecuente con los resultados encontrados – mientras que en los conceptos científicos se encuentra una causalidad compleja en la que es evidente la interacción entre sistemas.

En el estudio de la salud, es común este tipo de explicaciones causales simples; es decir, un patógeno puede producir una enfermedad; sin embargo, en los estudios contemporáneos de epidemiología se sabe que el discurso que está incluyendo es causal complejo, en el que se busca no sola una causa sino sus múltiples efectos, como lo expresa Ramis (2004):

“La causalidad compleja parece abrirse paso como un nuevo paradigma causal en Epidemiología, que en esta ocasión tiene como punto de partida la transformación en la integración del saber contemporáneo, la relación dialógica entre los principios de orden y desorden, a la vez concurrentes y antagónicos, el proceso recursivo en el cual los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce (idea que rompe con la causalidad lineal) y la presencia del principio hologramático[...]”

Con la idea anterior, el autor quiere expresar que los estudios actuales en inmunología y epidemiología no buscan una sola causa a las epidemias o enfermedades, sino que se trata de una causalidad múltiple; así que las ideas en las que se relaciona una causa y un efecto – causalidad lineal– ya no predominan en este campo.

Sobre el análisis cognitivo-lingüístico podemos establecer los siguientes aportes (ver figura 19):

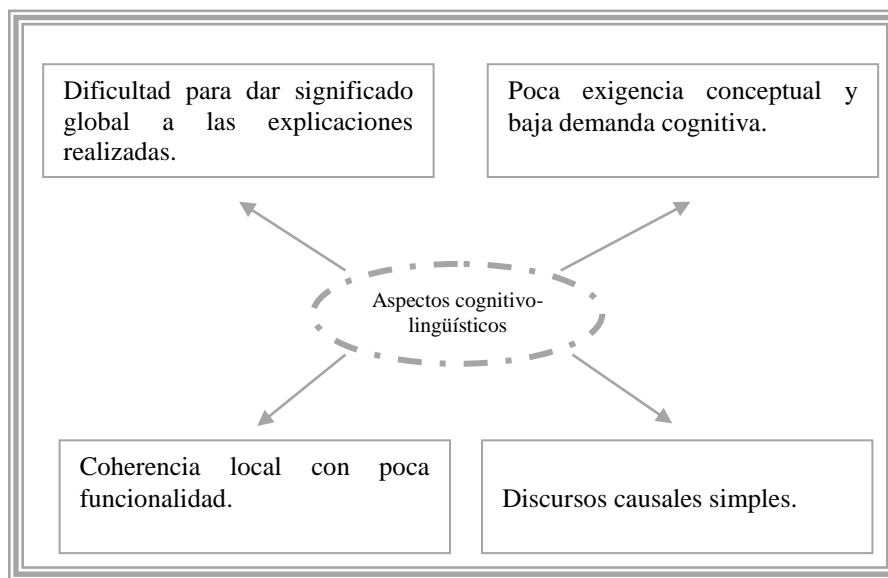


Figura 19. Tipología de discurso escrito encontrado en estudiantes universitarios.

4.3.3. Conclusiones preliminares

El uso de lenguajes tautológicos refleja poca comprensión y evidencian el empleo de discursos descriptivos, los cuales pueden constituirse en un obstáculo para la evolución

conceptual; en donde es característico el empleo de discursos descriptivos con dominio de relaciones causales simples.

Los estudiantes emplean discursos causales, en los que no se evidencia claramente la funcionalidad de las proposiciones que ellos usan para explicar las situaciones referidas en las preguntas y enunciados. Además, las explicaciones dadas por los estudiantes son cortas y se encuentra un bajo número de variables.

El discurso de los estudiantes universitarios acerca de la inmunidad presenta coherencia lineal únicamente, pues se limitan a responder el texto base o dan respuestas superficiales, sin aludir a explicaciones mejor sustentadas desde lo científico.

4.4. Modelos mentales característicos en los estudiantes universitarios

La caracterización de los diferentes modelos desde una perspectiva multidimensional, sigue las orientaciones acerca de los modelos mentales propuesta por Tamayo (2001), en la que se integran aspectos epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos, tal como se abordó en páginas anteriores.

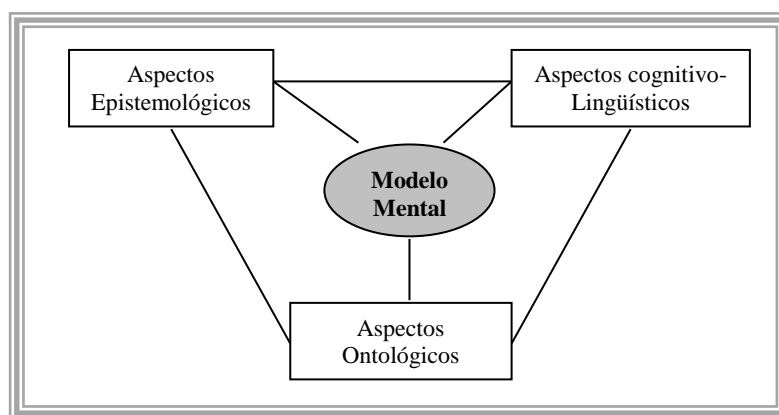


Figura 20. Esquema general para el estudio de los modelos mentales (Tamayo, 2001).

Los tres diferentes análisis realizados anteriormente sobre las producciones escritas de los estudiantes nos permitieron, hipotéticamente, acercarnos a definir las representaciones mentales de los estudiantes universitarios sobre los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune. A la luz de los análisis anteriores pudimos identificar tres modelos mentales (MM1, MM2 y MM3). Cabe aclarar que no podemos asegurar que todos los estudiantes que participaron en la investigación se ubiquen en estos modelos, pero reflejan de alguna manera las representaciones mentales de ellos.

La figura 21 describe los resultados de cada una de las categorías analizadas para la comprensión de los modelos mentales:

Aspectos epistemológicos	Aspectos ontológicos	Aspectos cognitivo-lingüísticos
<p>Modelo explicativo clásico</p> <p>Modelo explicativo pre-científico</p> <p>Modelo explicativo científico</p>	<p>Concepciones espontáneas</p> <p>Concepciones inducidas</p> <p>Concepciones analógicas</p>	<p>Coherencia local</p> <p>Causalidad simple</p> <p>Poca exigencia conceptual</p>

Figura 21. Resultados encontrados durante el estudio de las categorías de análisis.

A la luz de los resultados anteriores caracterizamos los modelos que presentamos a continuación.

4.4.1. Modelo mental 1

El MM1 se caracteriza por los aspectos que se presentan en la figura 22:

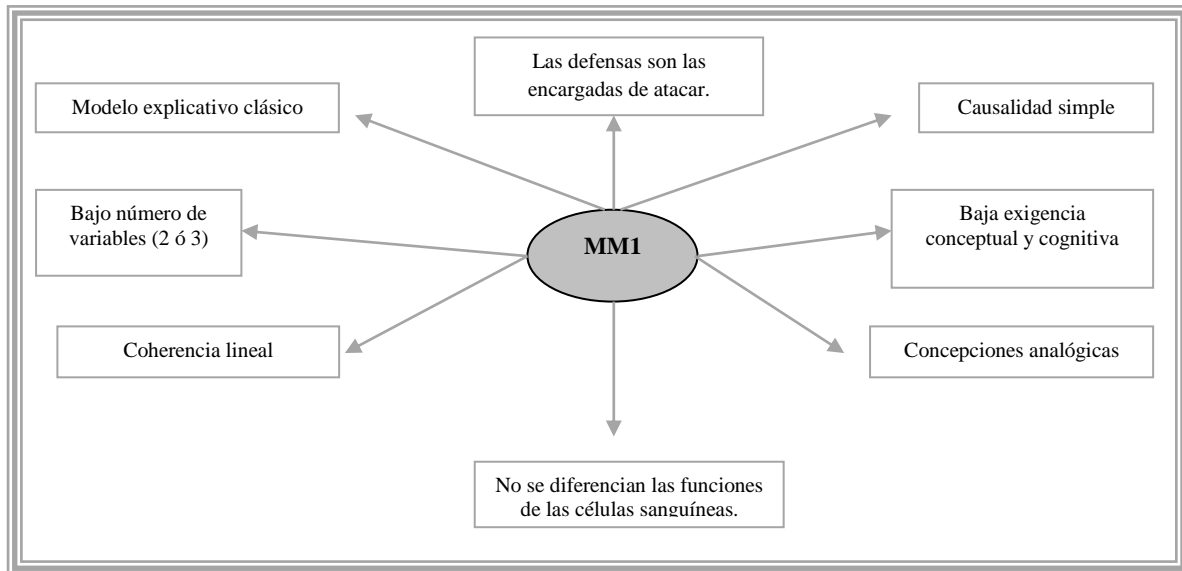


Figura 22. Características generales del modelo mental 1 (MM1).

Es característica de este modelo mental, la tendencia a ubicar el sistema inmune como un conjunto de reconocedores externos, en el cual el cuerpo responde frente a amenazas externas. Se utilizan analogías – consecuente con las concepciones analógicas – en las que es común encontrar calificativos empleados en el contexto militar como combatir, batallar, atacar o defender. Como ilustraciones tenemos:

P12E.4. “CA. En la niñez nuestro cuerpo en crecimiento y constante cambio, y a medida que crecemos los virus van siendo reconocidos por nuestro organismo para atacarlos.”

P5.E18. “Creo que podría ser causado por la ausencia de linfocitos ya que estos son los que se encargan de combatir las diferentes virus, bacterias hongos, parásitos entre otros. Y como sabemos los organismos de las personas no son iguales.”

Como podemos apreciar en las respuestas, se observa coherencia lineal y en otros casos, discursos poco coherentes en su conjunto, esto nos hace pensar en la tendencia a la producción de discursos con poco sentido, con un bajo número de variables, con baja demanda cognitiva y conceptual. Es característico dentro de esta tendencia el empleo de un número bajo de proposiciones o variables (2 ó 3) de manera lineal dentro del discurso elaborado por los estudiantes.

Para comprender mejor este modelo mental, presentamos a modo de ilustración, un texto ubicado dentro del MM1, en el que identificamos algunos de los tópicos antes planteados:

P14.E25. *“A, al sufrir esta enfermedad el organismo al mismo tiempo crea las defensas necesarias para que la próxima vez que se ponga en contacto con este no vuelva a padecerlo y pueda atacarlo, ya que se crean una defensas específicas para atacarlo.”*

Aspectos epistemológicos	Aspectos ontológicos	Aspectos cognitivo-lingüísticos
Las defensas son las encargadas de atacar bacterias o virus que han entrado del exterior. No se hacen explicaciones de cómo son reconocidos los agentes extraños.	Concepciones analógicas. Tendencia a utilizar términos como combatir, batallar, atacar o defender. Se difuminan los conocimientos científicos con los cotidianos.	Uso de conectores causales. Bajo número de variables (máximo 3). Ausencia de exigencia conceptual. Discursos con coherencia lineal. Pensamiento causal simple.

Tabla 21. Caracterización del MM1 que sugiere conocimientos superficiales acerca de la inmunidad.

En el MM1 el sistema inmune se explica de una forma analógica, las explicaciones no llegan a nivel celular ni molecular. Se asignan funciones de ataque a lo que ellos llaman defensas, las cuales no especifican; es decir, si son linfocitos o a quiénes se refieren.

P5.E32. “Porque el sistema inmune no es capaz de batallar los microorganismo y se produce la enfermedad, como también puede que este afectado el sistema inmune de la persona.”

En afirmaciones como la anterior, observamos que aparece el término batallar, pero no se explicita la forma como ellos suponen que el sistema inmune batalla los agentes extraños.

El análisis de este modelo mental nos permitió llegar a las siguientes conclusiones sobre los estudiantes que se ubican en él:

- Relacionan las células del sistema inmune con defensas.
- Los agentes extraños son reconocidos por el sistema inmune para ser atacados.
- Desconocen las funciones de las células sanguíneas.

- Se usan términos cotidianos, son escasos los conceptos científicos. La exigencia conceptual es baja.
- No se establecen mecanismos de “ataque” de las defensas; es decir, no explican como el sistema inmune *ataca* los agentes extraños.
- No reconocen el nombre de las células encargadas de las funciones inmunitarias.
- No relacionan las enfermedades con sus síntomas de alarma ni con los mecanismos de defensa del organismo.
- Desconocen las barreras naturales del organismo.
- No identifican los tipos de inmunidad.
- Desconocen la especificidad del virus.
- No hacen referencia a la vacunación.
- Tienen un discurso causal simple y lineal.
- Utilizan máximo 3 variables para responder las preguntas.

4.4.2. Modelo mental 2

El MM2 se caracteriza por los aspectos que se presentan en la figura 23:

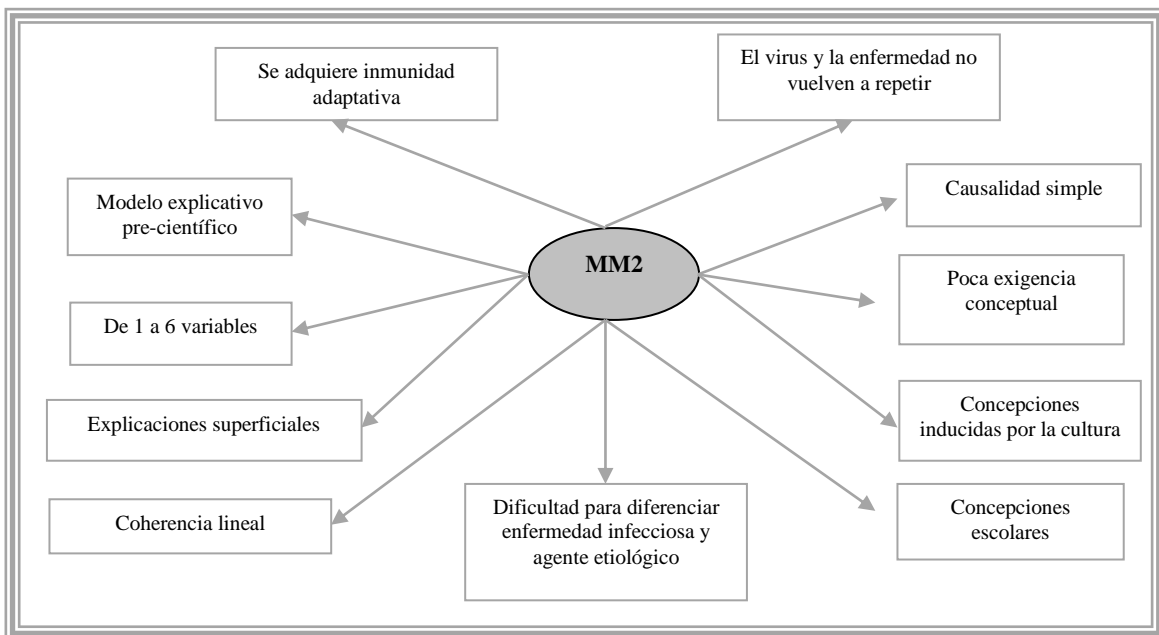


Figura 23. Características generales del modelo mental 2 (MM2).

El MM2 se caracteriza por la tendencia a explicar la inmunidad desde el modelo explicativo pre-científico, en el cual se establece que algunas enfermedades se padecen una sola vez en la vida, pues el sistema inmune adquiere la capacidad de reconocer los cuerpos extraños y eliminarlos. En este modelo, los estudiantes presentan dificultades para explicar la diferencia entre enfermedad infecciosa y el agente que le produce. También hablan de inmunidad adaptativa, la cual adquieren las personas cuando se exponen al microorganismo, ya sea por vacunación o por haber adquirido la enfermedad una vez.

En este modelo, los estudiantes utilizan explicaciones inducidas por la cultura – aunque en poca proporción – e inducidas por la escuela. En las primeras hace alusión a lo que han escuchado y en las segundas, utilizan algunos conceptos propios de la inmunidad. En este contexto ubicamos las siguientes respuestas:

P14.E37. “A, la verdad no se pero he escuchado que la varicela solo da una vez puede ser porque le organismo genera inmunidad a ella.”

P14.E29. “CA, es una enfermedad que solo se padece una vez, el cuerpo adquiere una inmunidad adaptativa.”

El texto P14.E37., es claramente inducido socialmente, mientras que el P14.E29., tiene un origen escolar, pues al referirse a *inmunidad adaptativa* manifiesta un conocimiento sobre el tema.

En cuanto al discurso, podemos decir que presentan coherencia lineal poco funcional, en las que se utilizan pocas variables para la explicación y, a pesar de ubicar algunas respuestas en el ámbito escolar, la exigencia conceptual es baja, pues las explicaciones son superficiales.

Para comprender mejor esta representación mental, presentamos a modo de ilustración, un texto ubicado dentro del MM2, en el que identificamos algunos de los tópicos antes planteados:

P14.E19. “CA, en el momento en que se sufre la enfermedad y se tiene el virus activo, se genera un tipo de inmunidad adquirida frente a ese virus.”

Aspectos epistemológicos	Aspectos ontológicos	Aspectos cognitivo-lingüísticos
Se genera inmunidad adquirida. No se hacen explicaciones a nivel molecular. La varicela sólo se padece una vez en la vida. Se produce especificidad contra el virus que produce la varicela.	Concepciones socialmente inducidas. Tendencia a creer lo que la gente dice. Concepciones escolares. Se utilizan algunos conceptos aprendidos mediante procesos de enseñanza.	Uso de conectores causales. Uso de máximo 6 variables dentro de la respuesta. Poca de exigencia conceptual. Baja demanda cognitiva. Discursos con coherencia lineal. Pensamiento causal simple.

Tabla 22. Caracterización del MM2 que sugiere algunos conocimientos sobre la inmunidad, aunque no a nivel molecular.

Dentro del modelo mental 2 existe la tendencia a ubicar el sistema inmune de una forma muy general, especialmente se refieren a la varicela en sus explicaciones. No queda claro cómo actúa el sistema inmune a nivel celular, sólo explicitan que los virus y las enfermedades no se repiten. Pareciera ser que aquí, no tienen claro si el virus repite o es la enfermedad, lo único que tiene claro es que en ninguno de los casos, se trataría de algo mortal.

P14.E15. “A, este virus no se vuelve a repetir ya que el cuerpo ya ha creado una defensa contra la varicela y se vuelve inmune a esta, entonces al tener contacto con una persona que la padezca el cuerpo no la va a volver a contraer.”

Respuestas como las anteriores, nos permitieron comprender que los estudiantes hablan de memoria inmunológica, pero no tienen claro cómo se da este proceso ni que células son las encargadas de hacerlo.

El análisis de este modelo mental nos permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- No tienen claro realmente si se repite la enfermedad o el virus.
- De repetir la enfermedad la recaída no es mortal.

- No reconocen las células inmunitarias.
- Hacen alusión a la vacunación en muy pocos casos, pero no explican la función de ella a nivel molecular.
- Presentan dificultad para comprender la diferencia entre agente etiológico y enfermedad infecciosa.
- No hacen mención a mecanismos de defensa del organismo.
- No comprenden la diferencia entre inflamación e hinchazón.
- Se limitan en muchos casos a hablar solo de la varicela.
- Hablan de la especificidad del sistema inmune a los virus, pero explican cómo se da el proceso.
- No tienen en cuenta la función protectora de la piel ni las otras barreras.
- Presentan concepciones inducidas: por la cultura y por la escuela.
- Remiten explicaciones que utilizan las abuelas cuando hablan de varicela.
- Utilizan algunos conceptos científicos, pero no hacen explicaciones a nivel molecular.
- Entienden el concepto de inmunidad adaptativa, pero no explican cómo se da.
- Utilizan un máximo de 6 variables en sus explicaciones.
- La exigencia conceptual es baja.
- Emplean conectores causales simples.
- Usan discursos con coherencia lineal.

4.4.3. Modelo mental 3

El MM3 se caracteriza por los aspectos que se presentan en la figura 24:

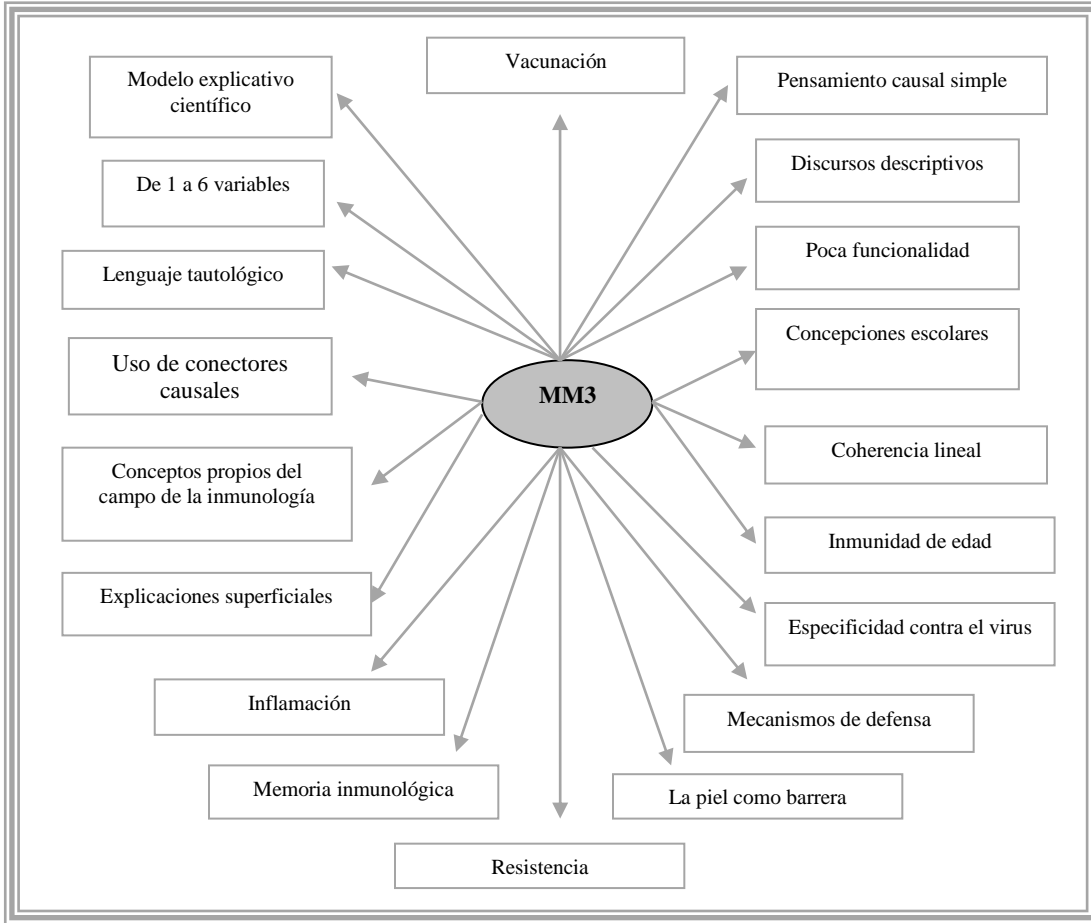


Figura 24. Características generales del modelo mental 3 (MM3).

El MM3 consideramos que es un poco más especializado, por lo menos en lo que se refiere a la terminología propia de la inmunología; no obstante, como lo hemos dicho durante todo el análisis, este uso se hace dentro de explicaciones superficiales, las cuales no se realizan a nivel molecular.

Como podemos observar, ya se habla de inflamación y se tiene en cuenta el daño de las paredes de los vasos sanguíneos. Los estudiantes también hablan de las respuestas del sistema inmune ante la presencia de un agente extraño: edema, enrojecimiento e hinchazón; sin embargo, no se refieren al fenómeno fisiológico que produce enrojecimiento.

Los estudiantes que se ubican en este modelo reconocen los leucocitos como las células inmunitarias, aunque no tienen clara su función, ni hablan de linfocitos T (excepto en un

caso). Además, pudimos encontrar términos como anticuerpos y antígeno, aunque los confunden en ocasiones.

Algunas de las otras ideas más fuertes que se encuentran acerca de la inmunidad, las sintetizamos en la tabla 8, donde se aprecia conceptualmente el modelo explicativo científico, el cual hace parte de este modelo.

Dentro del MM3 podemos ubicar respuestas como las siguientes:

P9.E7. “Al golpearse la cara el niño pudo haberse roto algunos vasos sanguíneos, lo cual causaría enrojecimiento y mucho dolor.”

P3.E6. “Lo que pasa cuando nos golpeamos es una defensa de mecanismo que tenemos por eso primero se inflama la piel, salen las plaquetas en defensa para volver a regenerar la herida y el morado que queda en sangre muerta.”

P17.E18. “CA, si, porque las personas que padecen el virus de VIH tienen sus linfocitos T atacado por decirlo de esta manera, entonces al no tener defensas otros virus pueden entrar a su organismo y afectarlo de tal manera que podría producirle la muerte.”

En las respuestas anteriores observamos el uso de conceptos sobre los mecanismos que se desencadenan en el sistema inmune en respuesta a la acción de los microagresores; sin embargo, sólo utilizan máximo 6 variables para la explicación, de una manera lineal y sin ofrecer una visión más integral de lo que realmente sucede. Sin embargo, son respuestas que denotan conocimientos aprendidos mediante procesos de escolarización.

En la tabla 23 presentamos las características del MM3, que más permite una visión más holística de esta representación:

<i>P11.E25. “A, porque pudo haber quedado inmunizado al haber va cuando a su madre, ya que todos nacemos con una inmunidad innata la cual adquirimos a lo largo de nuestra infancia al estar contacto con diferentes microorganismos.”</i>		
Aspectos epistemológicos	Aspectos ontológicos	Aspectos cognitivo-lingüísticos

<p>Uso de conceptos propios de la inmunología. No hay explicaciones a nivel molecular. Relaciones entre varios conceptos – de manera implícita –.</p>	<p>Concepciones transmitidas por la escuela - Inmunidad adquirida. - Inmunidad innata. - Linfocitos. - Edema. Reflejo de conocimientos del libro de texto o de las explicaciones del profesor.</p>	<p>Uso de conectores causales. Uso de máximo 6 variables dentro de la respuesta. Baja de exigencia conceptual. Baja demanda cognitiva. Discursos con coherencia lineal. Relaciones de causalidad simple. Lenguaje tautológico. Discursos solo descriptivos. Explicaciones con poco poder predictivo.</p>
---	---	--

Tabla 23. Caracterización del MM3 que sugiere el uso de conceptos propios de la inmunología, pero de manera superficial.

El modelo mental 3, lo consideramos un poco más especializado que los otros; no obstante, las explicaciones que realizan los estudiantes aún siguen siendo muy simples. El sistema inmune se ve de una forma un poco más compleja que en los dos modelos anteriores, pero persiste la presencia de explicaciones superfluas y no a nivel celular.

Aunque, como lo hemos venido diciendo, se utilizan algunos conceptos propios del campo, en ciertos momentos se usan de forma equívoca o no logran explicar lo que sucede molecularmente dentro del organismo ante las situaciones descritas en el instrumento.

Los estudiantes que se ubican en el modelo, no son consecuentes con él durante todo su discurso; es decir, no se mantienen en todas las respuestas dentro de este modelo, en el contexto de otras preguntas se ubican – por lo menos conceptualmente – en el modelo clásico o en el pre-científico. Sin embargo, en cuanto a la causalidad y coherencia se mantienen todo el tiempo.

Teniendo en cuenta el análisis del MM3, pudimos llegar a las siguientes conclusiones:

- Comprenden en qué consiste la vacunación, aunque no la explican a nivel molecular.
- Identifican algunas células del sistema inmune.

- Comprenden la importancia de la piel como la primera barrera contra los patógenos.
- Hablan de bioseguridad.
- Comprenden que el sistema inmune tiene memoria inmunológica, aunque no explican lo que sucede a nivel celular.
- Tienen una idea más clara de lo que es la inflamación como mecanismo de alerta o defensa.
- Hacen referencia a la inmunidad de edad o de raza (en muy pocos casos explícitamente).
- Entienden la importancia de la lactancia como una forma de inmunización temporal.
- Usan de términos especializados.
- Denotan conocimientos adquiridos a través de procesos de escolarización.
- Emplean un lenguaje tautológico.
- Utilizan explicaciones que se limitan a la descripción y no logran hacerse explicaciones a nivel molecular.
- Usan máximo 6 variables en sus explicaciones.
- Emplean discursos lineales con causalidad simple.

4.4.4. Conclusiones preliminares

Ubicar los estudiantes en estos modelos mentales, nos permite comprender la forma cómo ellos aprenden y en qué contextos se desenvuelven. Sin embargo, consideramos que el haber incluido otros análisis como el motivacional y el metacognitivo, nos habría ayudado a lograr mayores comprensiones al respecto.

En el campo de la Didáctica de las Ciencias, parece claro que conocer estos modelos podría ayudar a mejorar los procesos de enseñanza; pero consideramos que también los de aprendizaje, si los estudiantes logran darse cuenta cómo ellos mismos aprenden y cómo utilizan los conceptos que aprenden en los diferentes contextos. Esto exige que los estudiantes reconozcan que poseen diferentes modelos, los cuales usan en diferentes contextos indiscriminadamente.

En los modelos de enseñanza juegan un importante rol las analogías, especialmente para facilitar la comprensión de conceptos científicos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001); sin

embargo, podríamos decir que para el aprendizaje de la inmunidad, éstas no son útiles, pues obstaculizan la comprensión holística de los procesos que se desencadenan en él como respuesta a la acción de microagresores. Evidenciamos que los estudiantes no tienen clara la analogía, pues no explican el proceso.

Reconocer el modelo mental 1 en los estudiantes, le permitiría al maestro intervenir con estrategias didácticas que pudieran, progresivamente, ayudar a los estudiantes a evolucionar sus ideas a unas más acordes con el conocimiento científico. No queremos decir con esto, que las analogías no deban usarse en la enseñanza de las ciencias, sino que se debe reconocer que potencialmente pueden ser armas de doble filo si no se usan y planifican adecuadamente.

Que los maestros reconozcan que sus estudiantes poseen el modelo mental 2, implica que comprendan como intervienen las ideas de las abuelas, los adagios populares y la cultura en todo conocimiento. Esto ayudaría a que a la hora de planificar las clases, se tenga en cuenta el discurso, el uso de los conectores, las relaciones que se establecen entre los conceptos. También permitiría que los maestros se concentraran en aquellos aspectos en los cuales se deben profundizar.

Por su parte, reconocer el modelo mental 3, nos lleva a cuestionarnos sobre nuestros propios métodos de enseñanza, pues aquí es donde vemos como nuestros estudiantes ponen en contexto lo que aprendieron en la escuela. También nos lleva a repensar la idea de cómo realmente aprenden nuestros estudiantes y a entender que los modelos que elaboran en su mente, no son los que construyen en la escuela. No hay que cambiar sus modelos, sino enseñarles a usarlos en diferentes contextos y a comprender su utilidad.

Capítulo 5

Conclusiones e implicaciones didácticas

Las conclusiones que destacamos a continuación parten del análisis y discusión de los resultados, al mismo tiempo que realizamos una reflexión sobre su posible importancia para la didáctica de las ciencias. Además, presentamos algunos obstáculos encontrados en el aprendizaje de conceptos científicos, los cuales nos podrían servir para proponer acciones de enseñanza con el objetivo de lograr aprendizajes en profundidad.

En un segundo momento presentamos las conclusiones de orden metodológico, en las que destacamos los aciertos y dificultades que encontramos a lo largo de la investigación.

5.1. Sobre los modelos mentales

En el grupo de estudiantes universitarios, pudimos encontrar tres modelos mentales, consecuentes con las ideas que se tejieron a lo largo de la historia de la inmunología. Esto nos da luces para comprender cómo funciona la mente de las personas y cómo en ellas juegan un papel importante, un sinnúmero de creencias, conceptos, ideas, entre otros, que no provienen necesaria y únicamente de la escuela.

La posibilidad de identificar la coherencia e integración de los modelos utilizados por los estudiantes, nos proporciona marcos útiles para una enseñanza orientada hacia la evolución conceptual (Tamayo, 2001). En ese sentido, parece claro que no se deben tratar de cambiar esos modelos, sino intentar que los estudiantes puedan progresivamente, utilizarlos de una manera más significativa, para lo que se requiere que puedan establecer relaciones adecuadas entre los conceptos que aprenden socialmente y los que aprenden en el aula.

En el ámbito didáctico, es importante vincular los diferentes modelos estudiados con los hechos; es decir, que los estudiantes puedan encontrar un significado y utilidad a lo que aprenden. Parece ser que entender cómo actúa nuestro cuerpo ante la entrada de un patógeno no fuera de vital importancia en el contexto cotidiano y, aunque en su profesión si lo es, no han logrado aprendizajes profundos al respecto.

En cuanto al modelo mental 1, parece importante cuestionar el valor real de las analogías en la enseñanza de las ciencias, pues es claro que en ellas no solo interviene el maestro, sino que se refuerzan por los medios de comunicación o el libro de texto.

Sobre el modelo mental 2, establecemos la importancia de las concepciones inducidas por la sociedad en el pensamiento de los estudiantes. No queremos decir con esto, que en la cultura no podemos encontrar ideas significativas, sino que como maestros tenemos el objetivo de hacer que los conceptos científicos se acoplen a lo que los estudiantes aprenden por fuera de la escuela y de entender que en los contextos sociales también podemos usar los conceptos apropiados y acordes con la ciencia.

Reconocer el modelo mental 3, nos lleva en un primer momento, por lo menos a cuestionarnos sobre nuestras propias prácticas, pues si bien allí pudimos observar el dominio de algunos conceptos, comprendemos que no se usan de forma adecuada y que las explicaciones se limitan a lo superficial. Buscar estrategias didácticas que favorezcan la comprensión de fenómenos a nivel celular es la primera tarea que tienen los maestros que identifiquen un modelo como el 3.

Caracterizar los modelos mentales de los estudiantes, nos permite reconocer la existencia de diferentes modelos explicativos, los cuales se consideran como una hipótesis que relaciona los marcos conceptuales, los procedimientos, los conocimientos cotidianos de los estudiantes.

Para lograr modelos más acordes con los marcos conceptuales de la ciencia, se hace necesario ayudar a los estudiantes a jerarquizar sus ideas y a darle mayor importancia a lo

que aprenden en la escuela. También es importante que puedan cuestionar lo que aprenden en la escuela y cómo esto les puede ayudar a desenvolverse mejor en otros contextos como el cultural.

5.2. Sobre el análisis epistemológico

En la historia de la inmunidad encontramos 6 modelos explicativos que hacen referencia a la forma como esta ciencia ha sido considerada desde sus inicios hasta la actualidad. En nuestra investigación pudimos ubicar a los estudiantes en tres modelos: clásico, pre-científico y científico, los cuales caracterizamos por el uso de explicaciones generales y el lenguaje.

Comprobamos con esto que el pensamiento de algunos estudiantes no se aleja del que se presentó en algunos períodos de la historia de la inmunidad y, el hecho de no encontrar los otros modelos sugiere la evolución de ciertas ideas por otras (no necesariamente científicas); esto se ve reflejado, por ejemplo, en el hecho de no encontrar explicaciones sobrenaturales, lo cual nos parece importante y más en el contexto universitario.

Dentro del modelo clásico observamos que de cierta manera existe influencia de los procesos de enseñanza o, tal vez, de los medios de comunicación, pues esto explica que los estudiantes elaboren analogías de tipo militar en las que comparan de manera explícita el sistema inmune con sistema militar. Esto nos sugiere, que aunque las analogías pueden ser potenciales en los procesos de aprendizaje, los maestros deben tener cierto cuidado a la hora de usarlas y buscar otras alternativas que le permitan asegurar que los aprendizajes alcanzados no se concentran en las analogías, sino que sus estudiantes pueden poner en contexto los conceptos aprendidos.

Aunque ubicamos muchas respuestas dentro del modelo científico, concluimos que las explicaciones son superficiales y se desconocen los procesos moleculares que suceden dentro del organismo como respuesta a la acción de microagresores.

Pudimos observar que a pesar de ser una muestra de estudiantes universitarios, poseen aún muchos conocimientos cotidianos que ponen en juego en sus explicaciones, por eso, cuando sus respuestas se ubican dentro del modelo científico son superficiales y poco reflejan conocimientos adecuados sobre el tema.

El análisis detallado nos permitió observar que, en algunos casos particulares, los estudiantes universitarios se ubican en distintos modelos explicativos para responder a las diferentes situaciones propuestas. Esto sugiere que algunos estudiantes utilizan determinado modelo para responder a una pregunta, y otro modelo frente a otra situación diferente. Esto denota cierta dificultad para utilizar las ideas de manera consistente en diferentes contextos.

5.3. Sobre el análisis ontológico

Con el análisis de las concepciones alternativas de los estudiantes universitarios, evidenciamos que muchas de ellas son consecuentes con algunos modelos conceptuales de la inmunidad, especialmente el clásico, pre-científico y científico.

Es importante reconocer que sólo se presenta el 5% de expresiones que hacen referencia a concepciones espontáneas; esto refleja que los procesos de socialización y escolarización influyen en la evolución de estas construcciones personales. Sin embargo, consideramos que a este nivel, este tipo de ideas pueden llegar a obstaculizar el aprendizaje de conceptos científicos.

Destacamos el hecho de que el mayor porcentaje de concepciones encontradas corresponde a las inducidas por la escuela y se ubican dentro del modelo explicativo científico; esto sugiere que aunque las concepciones alternativas son persistentes y resistentes al cambio, los procesos de enseñanza probablemente han favorecido la evolución de sus ideas a unas un poco más elaboradas. No obstante, estas ideas son superficiales y sus explicaciones no se dan a nivel molecular.

Sobre las concepciones analógicas, pudimos establecer que en las expresiones que utilizan los estudiantes no se evidencia explícitamente el modelo clásico de la inmunidad, ni expresan que los anticuerpos son soldados. Sin embargo, el contexto de las respuestas, la forma y el uso de conceptos, indican el uso implícito de analogías. Hacen alusión a términos como atacar, batallar y combatir.

Para lograr diferenciar los conceptos científicos de los cotidianos proponemos que los maestros procuren identificar las concepciones con las que llegan sus estudiantes antes de introducir nuevos conocimientos; esto permitirá reconocer los obstáculos que potencialmente pudieran evitar un aprendizaje en profundidad.

5.4. Sobre el análisis cognitivo-lingüístico

Por una parte, encontramos que los estudiantes en sus textos emplean el lenguaje de manera tautológica, en el cual es característica la presencia de relaciones causales simples. Este tipo de lenguaje tautológico refleja poca comprensión sobre el tema y devela la poca posibilidad de sustentar una idea central con otras secundarias y de establecer relaciones con otros conceptos.

Por otra parte, se observó la tendencia general a elaborar discursos causales en los que no es clara la funcionalidad de las diferentes proposiciones utilizadas en el conjunto total de la explicación. Esta alta causalidad está acompañada de un bajo número de variables en las explicaciones, lo que sugiere la elaboración de discursos con poco poder explicativo.

El análisis sugiere que los textos de los estudiantes no presentan coherencia global, pues se limitan en muchas ocasiones a responder con el texto base sin poner en juego otras explicaciones y hacer alusión a otros conceptos. El tipo de causalidad empleada en el discurso de los estudiantes es simple; es evidente que utilizan pocas variables y de manera lineal.

Todo lo anterior nos permite identificar líneas de actuación en la clase de ciencias, orientadas a ayudar a los estudiantes a reconocer los tipos de discursos, la causalidad y la coherencia.

La clase de ciencias debe ser un espacio no sólo para aprender sobre la ciencia, sino para propiciar la elaboración de discursos con coherencia global, favorecer el uso de las múltiples representaciones de los hechos, fenómenos y teorías y sus relaciones.

Un último aspecto importante es la exigencia conceptual, la cual identificamos a la luz de las oraciones nucleares o con sentido (Chomsky, 2004), donde pudimos establecer que es muy baja y, mucho más para el contexto universitario, donde se supone que los estudiantes deberían tener un mejor dominio conceptual. Esto sugiere entonces, un aprendizaje superficial.

5.5. Algunos obstáculos encontrados

A partir del análisis y discusión de los resultados, encontramos que los obstáculos que dificultan el aprendizaje de los procesos metabólicos que se desencadenan en el sistema inmune como respuesta a la acción de microagresores son:

- a. Uso de lenguaje cotidiano para algunas de sus explicaciones.
- b. Dificultad general para usar el lenguaje especializado.
- c. Dificultad para dar explicaciones a nivel molecular.
- d. Distanciamiento entre los conceptos aprendidos y su aplicación en la comprensión de los fenómenos cotidianos.
- e. Posibles cierres prematuros por el uso de las analogías
- f. Dificultad para diferenciar agente etiológico de enfermedad infecciosa.
- g. Dificultad para diferenciar los tipos de inmunidad.
- h. Dificultad para identificar los componentes de la inmunidad innata y sus funciones.
- i. Dificultad para dar explicaciones a nivel molecular.
- j. Discursos poco elaborados y con poco poder predictivo.
- k. Dificultad para poner en juego sus conocimientos en diferentes contextos.

I. Dificultades para elaborar discursos con coherencia global.

Teniendo en cuenta lo anterior, consideramos que los procesos de enseñanza – aprendizaje de las ciencias en el contexto universitario deben realizarse con mayor rigurosidad y responsabilidad. Recomendamos que, de ser posible, se implementen investigaciones de este tipo, que permitan conocer las representaciones mentales y los obstáculos frente a la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos científicos, con el fin de proponer acciones encaminadas a lograr la evolución conceptual de los estudiantes y a favorecer la formación de pensamiento crítico. Para esto, se deben plantear actividades argumentativas, metacognitivas, de uso del lenguaje, conceptuales, entre otras.

5.6. Sobre la metodología

El uso de instrumentos con preguntas abiertas y casos específicos en el área de la salud, nos permitió recoger la información relevante para el análisis. Sin embargo, consideramos que la aplicación de otras técnicas para la recolección de la información como las entrevistas, las grabaciones, entre otras, nos hubiese permitido contrastar los datos presentados.

Aunque los tópicos que analizamos en nuestra investigación fueron suficientes para modelizar el pensamiento de los estudiantes, consideramos necesario que se incluyan otros aspectos (propuestos por Tamayo, 2001) como los metacognitivos y motivacionales, para lograr un mayor acercamiento a las representaciones mentales de los estudiantes.

Además de lo anterior, cabe destacar que los modelos presentados son aproximaciones teóricas al pensamiento de los estudiantes, que de alguna manera nos ayudan a comprender la forma cómo ellos construyen el conocimiento.

Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

Abbas, A. y Lichtman, A.H. (2008). *Inmunología celular y molecular*.

Abreu, V., Máximo, M., Cremonini, T. y Coutinho, R. (2015). El uso de un organizador previo en la enseñanza de Inmunología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 38-54.

Adúriz-Bravo, A., Garófalo, J., Greco, M. y Galagovsky, L. (2005). Modelo didáctico analógico. Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII Congreso. 1 – 6.

Aponte, N. (2008). Estructura de los modelos mentales que se manifiestan en la construcción de la identidad en los jóvenes adolescentes del Instituto Técnico Comfamiliar. Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud alianza de la Universidad de Manizales y el CINDE.

Astolfi, J.P. (1998). Desarrollar un currículo multirreferenciado para hacer frente a la complejidad de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 375 – 385.

Campanario, J.M. y Otero J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (2), 155 – 162.

Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar ciencias experimentales*. Argentina: Aique Grupo Editor:

Chamizo, J.A., Sosa, P. y Zepeda, S. (2005). Análisis de las ideas previas de la química. Enseñanza de las Ciencias. Número extra, VII Congreso, 1-5.

Chomsky, Noam. (2004). Estructuras sintácticas. México: Siglo Veintiuno.

Clement, J. J. y Rea-Ramírez, M. A. (2008). *Model Based Learning and Instruction in Science*. USA: Springer ediciones.

Clough, E. y Driver, R. (1986). Consistency in the use of students 'conceptual frameworks across different task, context. *Science Education*, 70(4), 473 – 496.

De Kleer, J. y Brown, J.S. (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In Gentner, D. y Stevens, A.L. (Eds.). *Mental models*. Hillsdale. (155-190), N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.

Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10 (2), 221- 229

Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. Trad. Cast. De P. Manzano: Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Morata.

Doménech, A.; Gibello, A.; Collado, V.; Porras, R. y Blanco. M.M. (2008). El sistema inmune innato II: la primera respuesta frente a la infección. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 2(1), 17 – 30.

Duval, R. (2004) *Semiosis y Pensamiento humano. Registros semióticos y Aprendizajes Intelectuales*. Cali: Universidad del Valle. Instituto de Educación y pedagogía. Grupo de Educación Matemática.

_____. (2009). *Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. Trad. Lenio Fernandes Levy e Marisa Rosane Abreu da Silveira. São Paulo: Livraria da Física.

Entine, J. (2001). "Why Black Athletes Dominate Sports and Why We're Afraid to talk about it". By Public Affairs.

Felipe, A.E., Gallarreta, S.C. y Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N3.pdf.

Fernández, J.; González, B. M. y Moreno, T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3), 430-439. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos51/modelos-mentales/modelos-mentales2.shtml#ixzz3MkUWPcCZ>.

Flores, F. y Gallegos, L. (1998). Partial possible models: an approach to interpret students' physical representation. *Science Education*, 82, 15 – 29.

Flores, R.C. 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.

Galagovsky, L y Adúriz-Bravo, A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.

García, P. (2008). Inflamación. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat.*, 102(1), 91-159.

Gentner, D. y Gentner, D.R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: mental models of electricity. In Gentner, D. y Stevens, A.L. (Eds). *Mental models*. (99-127). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Giere, R.N. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.

Giordan, A. & de Vicchi, G. (1995). *Los Orígenes del Saber. De las Concepciones personales a los Conceptos Científicos*. Sevilla: Diada Editores.

Gilbert, J.K., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). "Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education". In: Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds.). *Developing Models in Science Education* (3-18). Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Greca, I.M. y Moreira, M.A. (1996). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1 (1), 95-108.

Gutiérrez, R. (1996). Modelos mentales y concepciones espontáneas. *Alambique*, 7, 73-86.

Herrera, D. (2008). Ideas previas sobre el concepto de fuerza. (Tesina para optar al título de especialista). México: Instituto Politécnico Nacional.

Iáñez, E. Curso de inmunología general: 5. Inmunoglobulinas y otras moléculas de células B. España: Universidad de Granada. Recuperado de http://www.ugr.es/~eianez/inmuno/cap_05.htm.

Iglesias-Gamarra, A., Siachoque, H., Pons-Estel, B., Restrepo, J.F., Quintana L.G. y Gómez, G.A. (2009). Historia de la autoinmunidad. Primera Parte, La inmunología ¿desde dónde y hacia dónde? *Revista Colombiana de Reumatología*, 1 (16), 11-31.

Iñiguez, L. & Antaki, C. (1998). Análisis del discurso. *Revista Anthropos. Huellas del conocimiento*, 177, 59-66.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA.: Harvard University Press:

Johnson-Laird, P. N. (1991). Mental models. In: Posner, M.I. (Ed). *Foundations Cognitive Science*. (469 – 500). Cambridge: The MIT Press.

Lage, A. (1995). Los desafíos del desarrollo: la actividad científica como eje de la formación del personal de salud. *Educ Méd Salud*, 29(3-4), 243-256.

Laska, T. (1986). Antropología deportiva. Boletín SOC. Esp. *Antropología Biológica*, Nº 7. Madrid.

Ministerio de Educación Nacional. República de Colombia, 1998, *Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Sin paginación – formato digital en: Ministerio de Educación Nacional. República de Colombia, 2006, Estándares Básicos de Competencias de Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Santafé de Bogotá.

Mora, C. y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin American Journal of Physics Education*, 3 (1), 72 – 86.

Moreira, M. A. (1997). Aprendizagem Significativa: um conceito subyacente. En M.A. Moreira, C. Caballero Sahelices y M.L. Rodríguez Palmero, Eds. *Actas del II*

Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. (19-44). Servicio de Publicaciones. Universidad de Burgos.

Moreira, M.; Greca, I. y Rodríguez-Palmero, M.L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (3), pp. 37-57.

Nersessian, N. (1992). How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: Giere, R. (Ed.) *Cognitive models in science*. (3-45) Menneapolis: University of Minnesota Press.

_____. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge: The MIT Press.

Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In: Gentner, D. and Stevens, A. L. (Eds.). *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Oliva, J.M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93 – 107.

Orrego, M., López, A.M. y Tamayo, Ó.E. (2012). Modelos de inflamación en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1 (8), 75 – 94.

_____. (2013). Evolución de los modelos explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1 (9), 79 – 106.

Orrego, M. y Tamayo, Ó.E. (2013). Enseñanza y aprendizaje significativo de las ciencias básicas en la educación universitaria. Informe de investigación. Universidad Autónoma de Manizales. Documento no publicado.

Pozo, J.I. y Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.

Pozo, J.I., Gómez, C.M., Limón, M. y Sanz, S.A. (1991). Procesos cognitivos en la construcción de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid: C.I.D.E.

Pozo, J.I., Gómez, M.A., Limón, M. y Sanz, S.A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid: C.I.D.E.

Pozo, J.I. y Gómez, M.A. (1998). *Aprender y enseñar Ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En Coll, C., Pozo, J.I., Sarabia, B. y Valls, E. Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. (19-79). Madrid: Ed. Santillana.

_____. (1993). Psicología y Didáctica de las Ciencias de la naturaleza ¿concepciones alternativas? *Infancia y aprendizaje*, 62- 63, 187 – 204.

Ramis, R.M. (2004). La causalidad compleja: ¿un nuevo paradigma causal en Epidemiología? *Revista Cubana Salud Pública*, 40 (3). Recuperado de http://www.bvs.sld.cu/revistas/spu/vol30_3_04/spu10304.htm.

Rodríguez- Palmero, M. L. (2000). Modelos mentales de célula. Una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento. Universidad de La Laguna.

Rodríguez-Palmero, M.L., Marrero, J. y Moreira, M.A. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(3), 243-268.

Rojas, W. (2010). *Inmunología de Rojas*. Corporación para investigaciones biológicas. 15ª ed. Medellín, Colombia.

Rojas, Y.A. (2007). *Dificultades en la modelización didáctica del modelo biológico de flor: un estudio de caso en la licenciatura en educación básica, énfasis en ciencias naturales y educación ambiental de la Universidad de Antioquia*. Tesis de maestría. Facultad de Educación. Universidad de Antioquia, Medellín.

Santander, P. (2011). Por qué y cómo hacer Análisis de Discurso. *Cinta Moebio*, 41, 207-224.

Serrano, O., Robinson, R., Castellanos, R. y Guevara, M. (2005). La Inmunología en la formación de pregrado de la docencia médica. *Educación Médica Superior*, 9(4).

Silverstein, A.M. (2009). *A History of Immunology* Elsevier Second Edition.

Tamayo, Ó.E., Orrego, M. y López, A.M. (2014). Modelos de inmunología en estudiantes universitarios. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Número Extraordinario. Memorias, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. 08 al 10 de octubre de 2014, Bogotá. 2294 – 2299.

Tamayo, Ó.E. y Sanmartí, N. (2002). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rlcs/v1n1/v1n1a07.pdf>.

_____. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 1 (001), 1 – 16.

_____. (2005). Características del discurso escrito de los estudiantes en clase de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 3 (2), 2- 20.

_____. (2007). High-School Students' Conceptual Evolution of the Respiration Concept from the Perspective of Giere's Cognitive Science Model. *International Journal of Science Education*, 2 (29), 215-248.

Tamayo, Ó.E. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

_____. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista Educación y Pedagogía*, 45 (XVIII), 37-49.

_____. (2009). Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.

_____. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Memorias. IX Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Girona.

Toulmin, S. (1977). La comprensión humana, el uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial, S.A.

Turvey, S., and Broide D. H. (2010) Innate immunity. *J allergy clin immunol*, 125(2):s24-s32.

van Dijk, T. (1980). Estructuras y funciones del discurso. Una introducción interdisciplinaria a la lingüística del texto y a los estudios del discurso. México: Siglo XXI Editores.

van Dijk, T. (1992). La ciencia del texto. Barcelona: Editorial Paidós.

Varela, F. (1997). El Segundo cerebro del cuerpo en: Fischer, H. R., Retzer, A., Schweitzer, J., & Congreso Interdisciplinario: "*El final de los grandes proyectos y el florecimiento de la praxis sistémica*"(1991: Heidelberg). El final de los grandes proyectos. Editorial Gedisa, 107- 113.

Wodak, R. y Meyer, M. (2003). Métodos del análisis crítico del discurso. Barcelona: Gedisa.

Anexos

Anexo 1

Instrumento para la recolección de la información

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
BIOLOGÍA MOLECULAR Y CELULAR II**

EXPLORANDO IDEAS PREVIAS

Nombre _____ Fecha: _____

Parte A.

A continuación encontrarás una serie de preguntas frente a las cuales debes justificar claramente tu respuesta. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar lo que crees que sucede, en tal sentido debes tratar de emplear todo el espacio dado para la respuesta.

1. A los estudiantes de las facultades de salud se les exige al ingreso el certificado de la vacuna contra la hepatitis B. ¿Puedes explicar por qué sucede esto?

2. Las ratas pueden ser portadoras del virus de la rabia sin padecer la enfermedad. Cuando una rata con el virus de la rabia nos muerde es probable que desarrollemos la enfermedad y podamos morir. ¿Puedes explicar por qué la rata no sufre la enfermedad y nosotros sí?

3. Cuando nos golpeamos se produce hinchazón en la zona afectada. ¿Puedes explicar por qué?

4. Sabemos que enfermedades como el herpes, la gripe y el SIDA son causadas por virus. ¿Puedes explicar detalladamente cómo nos infectan estos virus?

5. En el ambiente que nos rodea se encuentran gran cantidad de microorganismos como: bacterias, virus, hongos y parásitos. Muchas personas son colonizadas por estos microorganismos y sólo algunas desarrollan la enfermedad. ¿Puedes explicar por qué sólo algunas personas padecen las enfermedades ocasionadas por los microorganismos mencionados?

6. En la época de la conquista española muchos indígenas que no morían en enfrentamientos bélicos morían contagiados por enfermedades no conocidas en América como la gripe. ¿Puedes explicar por qué?

7. Al 80% de las personas de raza negra el *Plasmodium vivax* no les causa malaria, mientras que la mayoría de blancos son infectados por este parásito. ¿Cómo se podría explicar este fenómeno?

8. En los hospitales en las salas de quemados hay extrema vigilancia para que los pacientes no se infecten con microorganismos. ¿Puedes explicar por qué?

9. A consulta médica llega un niño que se cayó de la bicicleta y se golpeó la cara. Presenta enrojecimiento, dolor, hinchazón y aumento de la temperatura. ¿Cómo explicaría el médico este fenómeno a los padres del niño?

10. En algunos casos de amigdalitis se observan placas blanquecinas en las amígdalas. ¿Sabes porque se forman esas placas?

Parte B.

A continuación te presentamos una serie de afirmaciones. Debes seleccionar:

- CA si estás completamente de acuerdo
- A si estás de acuerdo
- D si estás en desacuerdo
- CD si estás completamente en desacuerdo

Además debes justificar claramente tu respuesta en las líneas dadas a continuación. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar lo que crees que sucede, en tal sentido debes tratar de emplear todo el espacio dado para la respuesta.

11. Juan llegó al aeropuerto con intenciones de viajar al Amazonas. Las autoridades de migración le exigieron el certificado de vacunación contra la fiebre amarilla. Ante su sorpresa Juan contestó que antes de él nacer sus padres habían sido vacunados contra la fiebre amarilla.

¿Estás de acuerdo con que las autoridades de migración dejen viajar a Juan?

CA A D CD

Porque:

12. Es más probable ser alérgico en la niñez que en la edad adulta

CA A D CD

Porque:

13. Cuando nos pica un mosquito la piel se hincha, se enrojece y aumenta la temperatura

CA A D CD

Porque:

14. Los niños que sufren varicela cuando son adultos nunca vuelven a padecer esta enfermedad

CA A D CD

Porque:

15. Los bebés alimentados con leche materna son más resistentes a sufrir enfermedades ocasionadas por microorganismos

CA A D CD

Porque:

16. Las personas de raza negra son más susceptibles a sufrir tuberculosis que las personas de raza blanca.

CA A D CD

Porque:

17. Las personas que desarrollan el SIDA mueren por cáncer o por infecciones producidas por diferentes tipos de microorganismos como los que producen la tuberculosis, la hepatitis o la neumonía.

CA A D CD

Porque:

18. Es común que el acné de los adolescentes ocasione lesiones con pus. El pus está formado por agua y sangre y se produce porque los glóbulos rojos se estallan.

CA A D CD

Porque:

19. Cuando los americanos y los europeos viajan a zonas tropicales les exigen la vacuna contra la malaria.

CA A D CD

Porque:

20. Algunas personas son resistentes a la infección del virus que produce el SIDA

CA A D CD

Porque:

21. Representa la estructura de un virus y la estructura de una bacteria y explica las diferencias entre estos dos microorganismos.