

MODELOS DE INFLAMACIÓN EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Mary Orrego Cardozo*
Ana Milena López Rúa**
Óscar Eugenio Tamayo Alzate***

Orrego Cardozo, Mary, López Rúa, Ana Milena y Tamayo Alzate, Óscar Eugenio. (2012). "Modelos de inflamación en estudiantes universitarios". *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, No. 1, Vol. 8, pp. 75-94. Manizales: Universidad de Caldas.

RESUMEN

El objetivo central de la investigación fue describir los modelos de estudiantes universitarios sobre el concepto de inflamación. La investigación se realizó con 20 estudiantes de segundo semestre de un programa del área de la salud, quienes realizaron actividades propuestas en una unidad didáctica aplicada a lo largo del periodo académico 2012-I y construida con el propósito de lograr el cambio en los modelos explicativos de los estudiantes. El estudio fue de naturaleza mixta y centrado en el análisis del contenido de las expresiones elaboradas por los estudiantes. Los resultados describen el cambio en los modelos de los estudiantes, cuestionan el valor de las ideas previas que tienen estudiantes universitarios en el proceso de aprendizaje de los fenómenos relacionados con el concepto de inflamación, y destacan la importancia del uso del lenguaje especializado en el aprendizaje de los modelos de inflamación.

PALABRAS CLAVE: inflamación, aprendizaje, modelos, inmunología, enseñanza universitaria.

* Licenciada en Biología y Química, Universidad de Caldas. Magíster en Bioquímica y Biología Molecular, Universidad Autónoma de Barcelona. Doctora en Bioquímica y Biología Molecular, Universidad Autónoma de Barcelona. Profesora Universidad Autónoma de Manizales y Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. E-mail: mary.orrego@gmail.com

** Licenciada en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Universidad de Antioquia. Magíster en Enseñanza de las Ciencias, Universidad Autónoma de Manizales. E-mail: cpe.analopez@gmail.com

*** Licenciado en Biología y Química, Universidad de Caldas. Máster en Desarrollo Educativo y Social, CINDE-UPN. Magíster en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Universidad Autónoma de Barcelona. Doctor en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Universidad Autónoma de Barcelona. Postdoctorado en Narrativa y Ciencia, Universidad Santo Tomás-Universidad de Córdoba. Profesor Universidad de Caldas y Universidad Autónoma de Manizales. E-mail: oscar.tamayo@ucaldas.edu.co

Recibido, 8 de septiembre de 2011, aprobado 20 de enero de 2012.

INFLAMMATION MODELS CONCEPT IN UNIVERSITY STUDENTS

ABSTRACT

The main objective of this study was to describe models university students have about the concept of inflammation. The research was conducted with 20 second semester students in a Health academic program who developed several activities proposed within a didactic unit applied throughout the 2012-1 academic period with the purpose of generating a change in the students' explanatory models. This study was of a mixed nature focused on the analysis of the expressions content produced by the students. The results describe a change in the students' models, question the value of previous ideas university students have about the learning process of phenomena related to the concept of inflammation, and highlight the importance of using specialized language in inflammation learning models.

KEY WORDS: inflammation, learning, models, immunology, university education.

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos de mayor relevancia actual en la didáctica de las ciencias lo constituye el estudio de las representaciones y el papel que estas juegan en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Interesa, aquí, describir comprensivamente los modelos, como un tipo de representación, de estudiantes universitarios sobre conceptos en inmunología, específicamente sobre la inflamación. Se puede representar en la mente todo lo que nos rodea y percibimos con los sentidos; asimismo, se puede representar algo que imaginamos sin necesariamente verlo o sentirlo. 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. Las representaciones pueden ser externas o internas. Las externas son de carácter público y producidas en gran medida por la acción, intencionada o no, de las personas. Las representaciones internas son de carácter individual, *ocupan un lugar* en la mente de los sujetos y permiten mirar el objeto en ausencia total del significante perceptible; pueden ser conceptos, nociones, creencias, fantasías, guiones, modelos mentales, imágenes, entre otras. Estas representaciones son construidas tanto por científicos como por cualquier otro sujeto.

Dada su importante función en el aprendizaje, las representaciones son de especial interés tanto para profesores como para estudiantes. Un problema fundamental y común para diferentes campos del conocimiento es averiguar cómo los sujetos representan mentalmente su conocimiento acerca del mundo, cómo operan mentalmente con esas representaciones y cómo estas pueden construirse, reconstruirse y cambiar tanto en contextos de enseñanza como en ambientes cotidianos.

Un tipo especial de representación, los modelos, han sido ampliamente investigados en didáctica de las ciencias. La actual popularidad en el estudio de los modelos se debe a Johnson-Laird (1983), quien los empleó ampliamente en la explicación de la deducción y en otras clases de inferencias, incluyendo aspectos del lenguaje. Desde la perspectiva de Johnson-Laird, el discurso sobre un modelo mental se basa en tres ideas centrales: a) un modelo mental representa el referente de un discurso, esto es, la situación que el discurso describe; b) la representación lingüística inicial de un discurso captura el significado de ese discurso, o sea, el conjunto total de situaciones que puede describir; y c) un discurso es juzgado como cierto si incluye como mínimo un modelo del mundo real. Para este autor, los modelos mentales son representaciones psicológicas que tienen alguna relación estructural con lo que ellos representan.

Considerar los modelos como análogos estructurales del mundo (Johnson-Laird, 1983), se distancia de la propuesta inicial de Craik (1943), quien plantea que, en muchos casos, la gente razona realizando experimentos mentales sobre modelos internos de situaciones físicas, donde un modelo es un análogo estructural, comportamental o funcional de fenómenos del mundo real. Craik basa su hipótesis en la capacidad predictiva del pensamiento y en la habilidad de los humanos para explorar el mundo real e imaginar situaciones. Nersessian (2008: 93), en acuerdo con lo propuesto por Craik, describe los modelos como:

[...] a conceptual system representing the physical system that is being reasoned about. It is an abstraction –idealized and schematic in nature– that represents a physical situation by having surrogate objects and properties, relations, behaviors, or functions of these that are in correspondence with it.

Los modelos son análogos en la medida en que preservan limitantes inherentes a lo que ellos representan.

El carácter funcional de los modelos mentales se evidencia en su capacidad predictiva, en la medida en que permiten a las personas comprender y explicar los sistemas físicos y sociales con los cuales interactúan y, anticipar y predecir su comportamiento. 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. Asimismo, es importante destacar que los modelos mentales son dinámicos, incompletos, inespecíficos, parsimoniosos y evolucionan permanentemente al sujeto interactuar con el contexto. Independientemente de estas características, los modelos mentales son usados por las personas en los contextos en los que ellas se desenvuelven (Johnson-Laird, 1983; Norman, 1983; Vosniadou y Brewer, 1992, 1994; Vosniadou, 1997; Clement y Rea-Ramírez, 2008; Nersessian, 2008).

Los estudios pioneros sobre los modelos mentales, realizados desde la didáctica de las ciencias, estuvieron orientados a conocer cuáles eran las representaciones 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. En la actualidad, la orientación básica en el estudio de los modelos mentales reside en comprender cuál es el proceso de construcción y de cambio de esas representaciones, qué clases de procesos determinan su uso y cuáles son los procesos mentales que permiten su creación, lo cual implica reconocerlas, saber cómo están representadas en su mente, cómo son usadas por los sujetos para su razonamiento y cómo son empleadas por los profesores en función del logro de aprendizajes profundos en sus estudiantes. En esta línea de reflexión, se encuentran trabajos importantes en muy diversos dominios del conocimiento: el movimiento de los objetos (De Kleer y Brown, 1981), circuitos eléctricos (Gentner y Gentner, 1983; Greca y Moreira, 1998), magnetismo (Greca y Moreira, 1998), cambio químico (Gutiérrez, 1996; 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 y Sanmartí, 2007), respiración (Grosbois, Rico y Sirota, 1991; Núñez y Banet, 1996), cadena respiratoria (Köningsberg, 1999) y, de manera general sobre la evolución de modelos en biología (Núñez-Oviedo, Clement y Rea-Ramírez, 2008) y sobre la caracterización de conceptos en inmunología (Lukin, 2012).

El estudio de los modelos mentales en la enseñanza de las ciencias, además de su intencionalidad descriptiva, propone el uso de modelos como estrategia de enseñanza y de aprendizaje, lo cual ha conducido a una fructífera línea de investigación denominada, en términos generales, enseñanza y aprendizaje basado en modelos (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000; Clement y Rea-Ramírez, 2008; Nersessian, 2008), que tiene como propósito central lograr aprendizajes en profundidad en los estudiantes (Franco y Colinvau, 2000), determinar la validez de modelos y lograr mejores comprensiones de los modelos históricos en los diferentes campos del saber a través de la enseñanza (Gilbert et al., 2000). El estudio de los modelos, con estos fines, se constituye en una estrategia para la cualificación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En relación con la enseñanza y el aprendizaje de aspectos relacionados con las enfermedades y su transmisión, diferentes estudios se han realizado. Bares y Gelman (2008), encontraron que el conocimiento de los niños frente a la enfermedad cambia con la edad, a los 5 años consideran que el resfriado es similar al cáncer, entre los 7 y 10 años, empiezan a diferenciarlos, mientras que después de los 10 años diferencian claramente el resfriado del cáncer. Raman y Gelman (2004) en un estudio acerca de la comprensión de las enfermedades encontraron que tanto en estudiantes hindúes como norteamericanos el modelo biológico es el predominante, sin embargo, a mayores edades hallaron que los estudiantes de la India incorporan más dimensiones morales y psicológicas que los de Estados Unidos al explicar las causas de las enfermedades. Las mismas autoras Raman y Gelman (2005), encontraron que los niños preescolares reconocen que no todas las enfermedades se transmiten exclusivamente por contagio de gérmenes, pues destacan que los niños pueden inferir que las enfermedades permanentes pueden ser transmitidas por los padres biológicos. Legare y Gelman (2008), encuentran que en la explicación de la enfermedad y de la transmisión de enfermedades pueden coexistir perspectivas naturales y sobrenaturales, es decir hay coexistencia de distintos sistemas de creencias construidos culturalmente sobre la enfermedad. En el contexto de la educación universitaria los estudios sobre concepciones y modelos de enfermedad y su transmisión son escasos.

En cuanto a la inflamación, esta es 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. El componente sistémico se caracteriza por fiebre, leucocitosis y cambios en el metabolismo de proteínas (Abbas, Lichtman y Pillai, 2008; Iglesias-Gamarra et al., 2009; Rojas et al., 2010).

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio mixto en el cual se describieron los modelos explicativos de 20 estudiantes de segundo semestre de un programa de salud, en la asignatura de Biología Celular y Molecular. Se recogió información sobre los modelos de inflamación empleados por los estudiantes, para ello se aplicó un instrumento tipo Likert y un cuestionario de preguntas abiertas referidas a situaciones cotidianas o casos clínicos relacionados con los mecanismos inmunológicos (Tabla 1). Se incluyó también una pregunta en la cual los estudiantes debían responder, mediante el empleo de representaciones gráficas, a fenómenos relacionados con los procesos inmunológicos. Esta información fue recogida antes y después de la aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza de la inmunología realizada por una de las autoras, constituida por los temas de estudio y actividades de enseñanza y aprendizaje consignados en la Tabla 2.

Tabla 1. Tipología de preguntas propuestas a los estudiantes. CA: completamente de acuerdo, A: de acuerdo, D: desacuerdo, CD: completamente en desacuerdo.

Pregunta 3: Cuando nos golpeamos se produce hinchazón en la zona afectada, ¿puedes explicar por qué?				
Pregunta 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?				
Pregunta 12: Es más probable ser alérgico en la niñez que en la edad adulta				
CA _____	A _____	D _____	CD _____	Justifica tu respuesta.
Pregunta 13: Cuando nos pica un mosquito la piel se hincha, se enrojece y aumenta la temperatura				
CA _____	A _____	D _____	CD _____	Justifica tu respuesta.

Tabla 2. Principales temas de estudio y actividades de enseñanza propuestas en la unidad didáctica

Temas de estudio	Actividades de enseñanza y aprendizaje
Estructura y metabolismo bacteriano, estructura y ciclo reproductivo de los virus	Elaboración de representaciones gráficas, cuestionarios, solución de problemas, reflexión sobre el aprendizaje, identificación de obstáculos frente al aprendizaje, reflexión metacognitiva, trabajo en grupo, identificación de aprendizajes logrados, actividades de autorregulación, sustentaciones orales.
Inmunidad natural	

Una vez recogida la información con los diferentes instrumentos, previamente validados por expertos, se identificaron las oraciones con sentido [en términos de Chomsky (2004), oraciones nucleares], dadas por los estudiantes en el campo de la inmunología. Para el proceso de categorización central y axial se empleó el software ATLAS.ti. Realizada la categorización de todas las respuestas dadas por los estudiantes a las diferentes preguntas, se pasó a la elaboración de redes semánticas a partir de las cuales se realizó el trabajo conceptual, orientado a la identificación y caracterización de los modelos empleados por ellos para explicar el proceso de inflamación antes y después de la intervención didáctica.

Modelo de inflamación antes de la intervención didáctica

Los modelos de inflamación, encontrados en el grupo de estudio, son el modelo clásico o militar (Varela, 1997) y el modelo científico, con respectivamente el 8,6 y 91,4% de oraciones con sentido en estos modelos (ver tipología de expresiones en la Tabla 3). Es decir, del total de respuestas dadas por los estudiantes que hicieron referencia a los modelos de inflamación, 21 de 244 (8,6%) se referían al modelo militar o clásico, mientras 223 de 244 (91,4%) lo hacían en función del modelo científico (Figura 1). A continuación se hace referencia a cada uno de los modelos.

Tabla 3. Tipología de respuestas de los estudiantes antes de la intervención didáctica sobre los fenómenos relacionados con la inflamación

3.12. Esta es una respuesta del cuerpo pues al ser afectado por un golpe el cerebro manda estímulos hacia la parte afectada produciendo inflamación como mecanismo de defensa.
 9.8. Debido al golpe el cuerpo tuvo una contracción y se produjo un rechazo causando inflamación, enrojecimiento y dolor.
 3.13. La hinchazón es la reacción que toma la zona afectada. Es la respuesta que da el organismo a estas cosas.
 3.3. Las hinchazones se dan porque cuando hay un golpe la zona afectada experimenta una vasoconstricción, lo que provoca la inflamación.
 12.4. 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.
 12.15. 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.
 13.1. A. Porque cuando el mosquito pica las células inmediatamente identifican el cuerpo extraño, produciéndose un edema, y se enrojece porque llegan cantidad de glóbulos rojos a atacar el cuerpo extraño.
 13.10. 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.

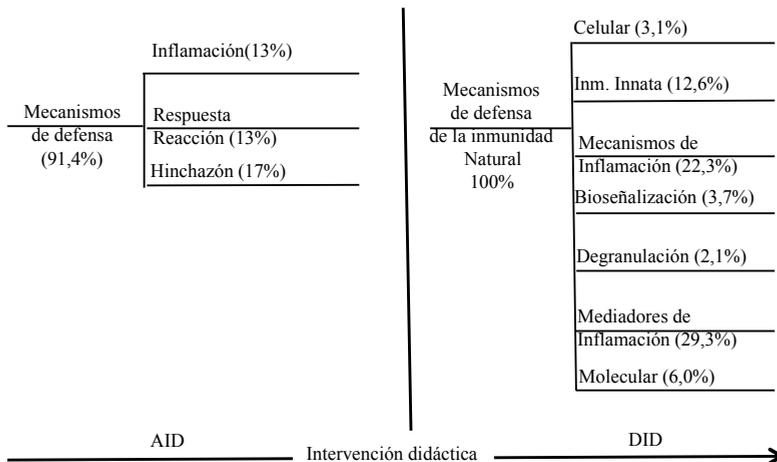


Figura 1. Categorías centrales constituyentes del modelo científico de inflamación antes y después de la intervención didáctica (AID, DID, respectivamente). Se señalan las categorías que constituyen el modelo así como el porcentaje de respuestas encontradas en cada una de las categorías. Rta/Rxn: Respuesta/reacción. S.I.: Sistema Inmune.

En un análisis comprensivo de la red semántica presentada en la Figura 2, encontramos que el modelo científico de inmunidad es explicado por los estudiantes, antes de la intervención didáctica, desde dos categorías centrales: inmunidad de edad y mecanismos de defensa. La categoría inmunidad de edad, constitutiva de la inmunidad natural, se relaciona con el desarrollo (maduración) del sistema inmune, el cual, puede estar desarrollado o poco desarrollado. Otras características del modelo científico son: emplean el término sistema inmune para explicar que este sistema actúa ante microorganismos o toxinas causando hinchazón y enrojecimiento, produciendo temperatura, como puede observarse en la respuesta (ver Tabla 3); relacionan la categoría mecanismo de defensa con inflamación, respuesta/reacción e hinchazón; no dan explicaciones a nivel molecular sobre los diferentes procesos que intervienen en la inflamación; relacionan la categoría mecanismo de defensa con inflamación, hinchazón, edema reacción, alerta y defensa (Figura 2). Como se aprecia en la Figura 2, cada una de estas categorías y subcategorías tiene a su interior desarrollos más finos que nos permiten inferir el modelo que tienen los estudiantes acerca de la inflamación.

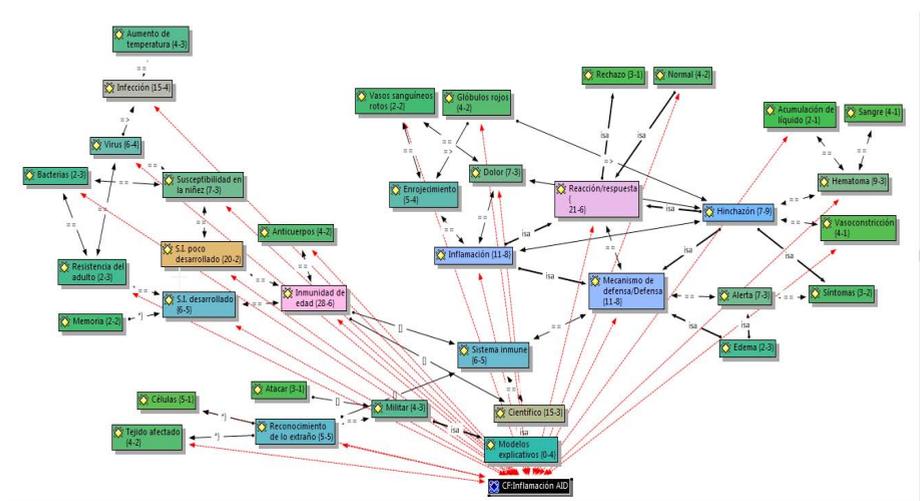


Figura 2. Red semántica en la que se representan de manera general las principales subcategorías relacionadas con la categoría inflamación antes de la intervención didáctica. Los estudiantes explican los mecanismos de defensa a partir de la inflamación, la reacción y la hinchazón.

Un análisis más detallado de los mecanismos de defensa mencionados por los estudiantes, permitió identificar tres subcategorías: inflamación, respuesta/reacción e hinchazón. Los estudiantes consideran la inflamación como un mecanismo de defensa. Las explicaciones dadas por ellos son de carácter general, no tienen en cuenta aspectos a nivel molecular. La totalidad de respuestas que dan los estudiantes a fenómenos como el enrojecimiento, la vasodilatación, el dolor, el aumento de presión sanguínea, el incremento de temperatura, el reconocimiento de agentes extraños, entre otros, se ubica en el ámbito de los conocimientos cotidianos, que en el caso de la inflamación, son conocimientos de la misma categoría ontológica que las explicaciones de naturaleza científica. Los estudiantes no emplean términos específicos del lenguaje científico y en algunas respuestas simplemente mencionan al sistema inmunológico como responsable de la hinchazón (Tabla 3).

En cuanto al sistema inmune emplean términos poco específicos y no explican la manera como se puede adquirir inmunidad; no encontramos respuestas referidas a la función de los anticuerpos, de las diferentes células sanguíneas o al funcionamiento de las vacunas. Los estudiantes saben que en la niñez no se tienen desarrolladas las defensas mientras que en la edad adulta sí (Figura 2). 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.

Modelo de inflamación después de la intervención didáctica

Después de la intervención didáctica (Figuras 1 y 3), el total de oraciones con sentido escritas por los estudiantes (460), se ubican en el modelo científico. Los estudiantes dan explicaciones, a las situaciones relacionadas con inflamación, utilizan terminología específica de la inmunología y hacen referencia a conceptos y principios biológicos que explican los fenómenos relacionados con la inflamación, independientemente de si las respuestas son consistentes con las aceptadas por la comunidad académica. En términos de Chi (1992), son respuestas que se pueden ubicar en una categoría ontológica del ámbito del conocimiento científico; en tal sentido, los altos porcentajes de respuestas encontrados en el modelo científico antes y después de la intervención didáctica (91,4% y 100%, respectivamente), lo

único que señalan es que el modelo que tienen los estudiantes sobre los procesos de inflamación no provienen, como en el caso de los conocimientos previos en física y en química, por ejemplo, de procesos de naturaleza sensual-empirista, sino más bien, de procesos de enseñanza institucionalizados. En otras palabras, el aprendizaje de la inmunología, de la inflamación, se logra en espacios formales de enseñanza; al parecer, otros espacios de aprendizaje (no formal o informal) no generan tantos obstáculos para el aprendizaje de estos conceptos como se da en el aprendizaje de la física y la química.

Tabla 4. Tipología de respuestas de los estudiantes después de la intervención didáctica sobre los fenómenos relacionados con la inflamación

3.19. La hinchazón se conoce como inflamación, es un mecanismo por el cual la inmunidad innata destruye microorganismos extraños. Va ligado con la quimiotáxis, rodamiento, migración o adhesión y la fagocitosis para detectar lo extraño y destruirlo evitando que este se reproduzca y colonice otras células.

3.3. Debido a que ante la presencia de un antígeno, en las células del sistema inmune se desencadena un proceso de cascada de bioseñalización en la cual el propósito es conllevar a que los gránulos de estas células, que poseen un contenido, vayan afuera por un proceso conocido como degranulación externa, una vez allí afuera, este contenido como por ejemplo, la histamina va al vaso sanguíneo generando vasodilatación y por el proceso de extravasación sale líquido y proteínas al tejido generando un edema.

9.15. El golpe desencadenó una respuesta inmune llamada inflamación. El enrojecimiento, el dolor, la hinchazón (edema) y el aumento de temperatura son algunas de las cosas que causa la inflamación, esto debido a que las células que llevan a cabo dicho proceso liberan sustancias como histamina (produciendo el edema) y bradiquinina (el dolor).

13.3. Porque en la región afectada se libera bradiquinina que genera dolor, histamina que genera vasodilatación y extravasación en la que del vaso al tejido pasan líquidos, y proteínas que generan la edematización, y el pirógeno (prostaglandina va al hipotálamo a la región termorreguladora por el torrente sanguíneo generando aumento de la temperatura).

3.6. [...] la inmunidad innata está desencadenando una respuesta, específicamente con el mecanismo de inflamación [...] en un momento de los procesos que hay allí, hay degranulación externa y esto expulsa componentes como histamina y heparina, bradikinina, etc.; los cuales producen al final las anteriores alteraciones.

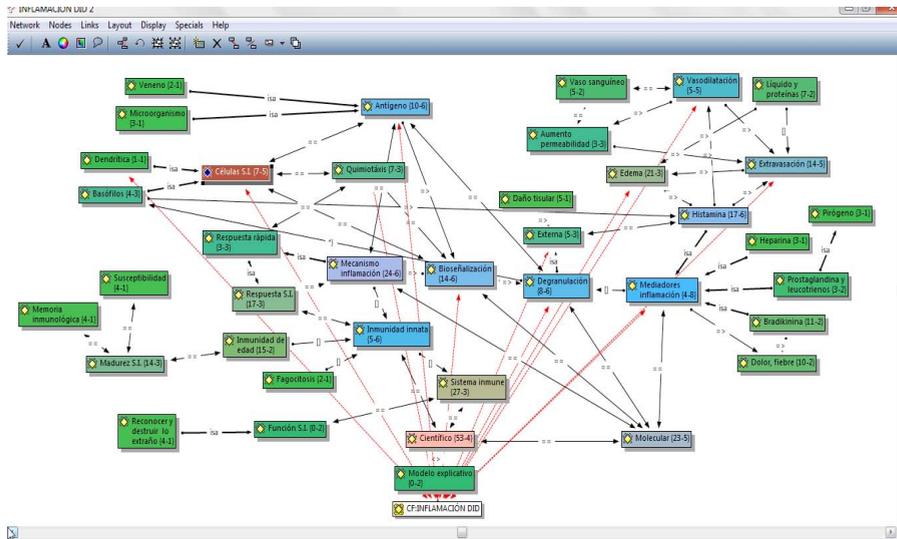


Figura 3. Red semántica de la categoría inflamación después de la intervención didáctica. Los estudiantes explican la inflamación a partir de: mecanismos de inflamación, procesos de bioseñalización, degranulación, mediadores de inflamación. Las explicaciones son de carácter celular y molecular.

El modelo de inflamación descrito por los estudiantes está relacionado con la función del sistema inmune, con inmunidad innata y esta tiene relaciones con inmunidad de edad y con el mecanismo de defensa de inflamación. Se destaca en las respuestas de los estudiantes la perspectiva molecular empleada en sus explicaciones (Tabla 4).

Dentro de los componentes del sistema inmune, la inmunidad innata es uno de los constituyentes más importantes y dentro de esta categoría los estudiantes reconocen la inmunidad de edad, la asocian con la madurez del sistema inmune, reconocen que en la niñez hay susceptibilidad de padecer, por ejemplo, alergias y en la edad adulta se adquiere inmunidad (inmunidad adquirida) y memoria inmunológica (Figura 3). A pesar de que en la mayoría de respuestas se observa asociación entre la inmunidad de edad y la madurez del sistema inmune, no se hacen explicaciones más profundas, como por ejemplo, considerar los mecanismos que permiten desarrollar inmunidad adquirida como los procesos de vacunación, o haber sido colonizado por un microorganismo y sufrir la enfermedad infecciosa. Ante las preguntas planteadas, los estudiantes no explican los mecanismos relacionados con la inmunidad celular y la inmunidad humoral.

En las respuestas dadas por los estudiantes encontramos relaciones entre sistema inmune, inmunidad innata, mecanismo de defensa, de inflamación y los procesos que se derivan de este mecanismo (Tabla 4). Los estudiantes responden que, ante la presencia de estímulos, se generan en las células del sistema inmune fenómenos como la quimiotaxis (3.19), la cual, da lugar a procesos de bioseñalización que conllevan a la degranulación de mediadores de la inflamación como histamina que produce edema. Asimismo, relacionan los mediadores de la inflamación con una función determinada; por ejemplo, se explica la función de la histamina en la generación de edema (9.15), se menciona que la histamina produce vasodilatación, la cual causa aumento de la permeabilidad de los vasos sanguíneos y extravasación de líquidos y proteínas; relacionan dolor con bradikinina, pirógeno con fiebre, histamina con edema, prostaglandina (PG) con pirógeno (13.3). Además, reconocen que las células del sistema inmune realizan procesos de degranulación externa para liberar sustancias (mediadores de la inflamación) que producen ciertas manifestaciones como dolor, enrojecimiento, vasodilatación, edema y daño tisular. Después de la intervención didáctica, caracterizan el proceso de inflamación desde el punto de vista molecular y reconocen que se ocasiona daño tisular por los procesos de degranulación externa; además, llegan a reconocer que la inflamación es un mecanismo de defensa de la inmunidad innata (3.6).

Los estudiantes al parecer no reconocen todas las células que participan en el proceso de inflamación como: monocitos, neutrófilos, eosinófilos, linfocitos T, linfocitos B y fibroblastos. En este sentido, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje debe hacerse más énfasis en las diferentes funciones que cumplen estas células y en las relaciones que se establecen entre ellas. Además, identifican el proceso de inflamación como una respuesta rápida del sistema inmune, esta es una de las características más importantes de la inmunidad natural, además de ser inespecífica.

DISCUSIÓN

Los análisis anteriores nos permiten identificar dos maneras generales de razonamiento de los estudiantes en cuanto a los modelos de inflamación. La primera, de carácter organísmico y, la segunda, molecular. Las explicaciones dadas por los estudiantes, antes de la intervención didáctica, se caracterizaron por referirse a organismos con sistemas inmunes desarrollados o poco desarrollados (Figuras

1 y 2 y Tabla 3), en los cuales, las respuestas a agresiones producen inflamación e hinchazón. Las explicaciones elaboradas, después de la intervención didáctica, enfatizaron en aspectos moleculares; los mecanismos de inflamación fueron localizados a nivel celular y, explicados en términos de procesos de bioseñalización, degranulación y mediadores de inflamación (Figuras 1 y 3 y Tabla 4). Los aspectos antes destacados nos llevan a las siguientes reflexiones sobre la enseñanza de la inflamación en el contexto universitario:

- Relativización del valor de las ideas previas. El reconocimiento de las ideas previas como punto de partida para la enseñanza ha sido en las tres últimas décadas un principio central de la buena enseñanza. Este principio ha orientado en buena parte el trabajo de maestros y maestras en las aulas de ciencias de la educación básica primaria y secundaria, sin embargo, en el contexto de la educación universitaria, y particularmente en lo relacionado con el aprendizaje de la inmunología, parece no tener tanta incidencia.

Los conocimientos que tienen los jóvenes universitarios sobre los procesos que permiten explicar la inflamación parecen estar poco influenciados por conocimientos cotidianos. De una parte, los conocimientos cotidianos logrados por los estudiantes sobre la inflamación y los procesos que ella implica, antes del ingreso a la universidad, son tan generales y superficiales que poco inciden en el aprendizaje de los conceptos científicos enseñados. De otra parte, el gran desarrollo conceptual logrado en este campo, con la participación de la anatomía, la biología molecular, la bioquímica y la biofísica, entre otras ciencias, hace de este un concepto altamente complejo que requiere para su aprendizaje de un acercamiento científico. En consecuencia, la enseñanza y el aprendizaje de la inflamación, y por extensión de la inmunología, en los programas de formación profesional tienen en el aula de ciencias universitaria su espacio privilegiado.

- Importancia de la modelización para la enseñanza. Independiente del valor de las ideas previas para la enseñanza de conceptos en inmunología, la acción de los profesores universitarios se cualifica a través de la incorporación de procesos de enseñanza y de aprendizaje basados en modelos (Gilbert et al., 2000; Clement y Rea-Ramírez, 2008, Nersessian, 2008); la cual, tiene como propósito central lograr aprendizajes en profundidad en los estudiantes (Franco y Colinvaux, 2000; Gilbert et al., 2000), determinar la validez de modelos

expresados y lograr mejores comprensiones de los modelos explicativos que históricamente se han construido en los diferentes campos del saber (Gilbert et al., 2000). Un proceso de enseñanza basado en modelos permite realizar acciones en función de lograr gradualmente explicaciones más complejas de los procesos estudiados, explicaciones que incorporen aspectos de naturaleza conceptual, de usos del lenguaje, metacognitivos y motivacionales. El estudio de los modelos, con estos fines, se constituye en una estrategia para la cualificación de la enseñanza de las ciencias debido a que es un punto de partida para la identificación de los obstáculos que tienen los estudiantes frente al aprendizaje de los conceptos enseñados por los profesores.

- Dadas las características de los conceptos en inmunología, y de acuerdo con Chi (1992), los estudiantes para su aprendizaje siguen procesos de cambio conceptual débil, caracterizados por aprendizajes en una misma categoría ontológica. Como describimos en el análisis de la información, los estudiantes no llegan al aula de ciencias universitaria con conocimientos previos sobre inflamación de naturalezas ontológicas diferentes a la del conocimiento científico. Es decir, no se requieren, en este caso, cambios conceptuales radicales en los cuales los conceptos se reasignen a diferentes categorías ontológicas. En consecuencia, su enseñanza estaría anclada al dominio específico, haciendo énfasis en la ontología completa de la categoría del concepto. En perspectiva del modelo cognoscitivo de ciencia (Giere, 1992), identificado un modelo explicativo, en nuestro caso el modelo científico de la inflamación, el cambio (la evolución) conceptual de los estudiantes se logra, entre otros aspectos, en la medida en que incorporan nuevos usos del lenguaje, nuevas relaciones de causalidad entre los diferentes principios explicativos y mayor exigencia conceptual en las explicaciones (Tamayo y Sanmartí, 2007; Tamayo, 2009).
- Perspectiva evolutiva para el aprendizaje de la inmunología, caracterizada por:
 - Complejización gradual de las explicaciones. En coherencia con lo antes señalado, el proceso de aprendizaje de la inmunología sigue una dinámica gradual de enriquecimiento que parte de los conocimientos previos que traen los estudiantes a la clase, los cuales son de la misma naturaleza que los conocimientos científicos que se enseñarán. La elaboración de explicaciones con diferentes grados de complejidad, caracterizadas por contener mayor número de variables y distintos

tipos de relaciones causales entre estas, hace de esta perspectiva de aprendizaje un proceso evolutivo.

- Cualificación en usos del lenguaje. Unida a la exigencia conceptual gradual en el aprendizaje de la inmunología se encuentra el uso adecuado de la terminología de este campo del saber. La incorporación de manera gradual, consciente e intencionada del lenguaje especializado con el propósito de explicar asuntos relacionados con la inflamación, se constituye en un indicador de aprendizajes en profundidad de los estudiantes.
- Punto de partida del profesor centrado en lo disciplinar. Los resultados de la investigación muestran la poca incidencia que tienen las ideas previas sobre inflamación en el aprendizaje de los modelos científicos enseñados por los profesores. En consecuencia, los procesos de enseñanza de la inmunología deben partir principalmente de la interacción entre lo acordado por las comunidades académicas y los lineamientos institucionales, de tal manera que el modelo de llegada se constituye en orientador de todas las acciones realizadas por los profesores. La vigilancia permanente, por parte del profesor, sobre la calidad de los modelos explicativos intermedios hasta alcanzar el modelo de objeto de enseñanza, se constituye en su dinámica de trabajo. Si bien, en este caso no cobran importancia los modelos iniciales de los estudiantes para planear la enseñanza, dado lo incipientes que estos son, sí es necesario precisar que una vez iniciado el proceso de enseñanza la modelización del aprendizaje en los estudiantes es fundamental. En el proceso de aprendizaje se requiere que los profesores valoren la calidad de los modelos que los estudiantes construyen con el propósito de lograr gradualmente el aprendizaje en profundidad de los conceptos enseñados.

En el caso particular de la enseñanza de la inmunología no encontramos en los estudiantes la presencia de diferentes modelos de los fenómenos estudiados, tal como lo señalan, por ejemplo, Legare y Gelman (2008), al referirse a explicaciones naturales y sobrenaturales de la enfermedad. En términos de Giere (1992), en este caso específico de la inflamación no podemos referirnos a una familia de modelos explicativos. En lugar de ello, encontramos que los estudiantes tienen un modelo de la inflamación con principios explicativos compatibles con el modelo científico compartido por la comunidad académica. En tal sentido, el cambio conceptual de

los estudiantes fue débil (Carey, 1985, 1992; Spelke, 1991), sucedido en el modelo científico y relacionado principalmente por una mayor precisión en el uso de las ideas ya existentes, por la incorporación de otras nuevas, por el empleo de lenguaje especializado y por las explicaciones a nivel molecular.

CONCLUSIONES

El análisis de las respuestas de los estudiantes a las diferentes situaciones presentadas antes y después de la intervención didáctica nos permite concluir lo siguiente:

- Los modelos explicativos empleados por los estudiantes antes y después de la intervención didáctica siguen los principios explicativos del modelo científico de la inflamación. Al parecer, en el contexto de la educación universitaria, y particularmente en la enseñanza de fenómenos relacionados con la inmunología, el peso de las ideas previas es más relativo que en otros niveles de la educación. Los conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre estos fenómenos son tan incipientes que poco o nada influyen sobre el aprendizaje de los modelos científicos enseñados en la clase de inmunología. En consecuencia, es el concepto mismo, y su propia estructura relacional, los orientadores de la enseñanza.
- Una vez realizada la intervención didáctica encontramos en las explicaciones de los estudiantes el uso de terminología especializada, así como la elaboración de explicaciones más detalladas de estos procesos. Asimismo, las explicaciones dadas por los estudiantes después de la intervención didáctica se ubicaron en el nivel celular y molecular.
- En cuanto al aprendizaje del concepto de inflamación, asumir una perspectiva evolutiva en el modelo científico involucra regular de manera permanente la cualificación en los usos del lenguaje, de la potencia explicativa y de la exigencia conceptual, en las explicaciones elaboradas por los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Abbas, A.K., Lichtman, A.H. y Pillai, S. (2008). *Inmunología celular y molecular*. 6 ed. Barcelona: Elsevier.

Bares, C.B., y Gelman, S.A. (2008). "Knowledge of illness during childhood: Making distinctions between cancer and colds". *International Journal of Behavioral Development*. No. 5, Vol. 32, pp. 443-450.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, Mass: MIT Press.

_____. (1992). "The origin and evolution of everyday concepts". En: Giere, R.N. (ed.). *Cognitive Models of Science* (pp. 89-128). Minneapolis: Universidad de Minnesota Press.

Chi, M. (1992). "Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science". En: Giere, R.N. (ed.). *Cognitive Models of Science* (pp. 129-186). Minneapolis: Universidad de Minnesota Press.

Chomsky, Noam. (2004). *Estructuras sintácticas*. México. Siglo Veintiuno.

Clement, J.J. y Rea-Ramírez, M.A. (2008). *Model based learning and instruction in science*. Springer: USA.

Craik, K. (1943). *The nature of explanation*. Cambridge: Cambridge University Press.

De Kleer, J. y Brown, J.S. (1981). "Mental models of physical mechanism and their acquisition". En: Anderson, J.R. (ed.) *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 285-309). New York: Hillsdale.

Franco, C. y Colinvaux, D. (2000). "Grasping Mental Models". En: Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds.). *Developing Models in Science Education* (pp. 93-118). Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Gentner, D. y Gentner, D.R. (1983). "Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity". En: Gentner, D. y Stevens, A. (eds.). *Mental Models* (pp. 99-129). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Gilbert, J.K., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). "Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education". En: Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds.). *Developing*

Models in Science Education (pp. 3-18). Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Greca, J. y Moreira, M.A. (1998). "Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo". *Enseñanza de las Ciencias*. No. 2, Vol. 16, pp. 289-303.

Grosbois, M., Rico, G. y Sirota, R. (1991). "Les manuels, un mode de textualisation scolaire des savoir savant". *Aster*. No. 13.

Gutiérrez, R. (1996). "Modelos mentales y concepciones espontáneas". *Alambique*. No. 7, pp. 73-86.

Iglesias-Gamarra, A., Siachoque, H., Pons-Estel, B., Restrepo, J.F., Quintana, G. y Gómez, A. (2009). "Historia de la autoinmunidad. Primera Parte La inmunología ¿desde dónde y hacia dónde?". *Rev. Colomb. Reumatol*. No. 1, Vol. 16, pp. 11-31.

Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Khan, S. (2008). "Co-construction and Model Evolution in Chemistry". En: Clement, J. y Rea-Ramírez, M. (eds.). *Model Based Learning and Instruction in Science*. (pp. 59-78). Springer: USA.

Köningsberg, M. (1999). "A simple model to facility student's understanding of the mitochondrial respiratory chain". *Biochemical Education*. No. 1, Vol. 27, pp. 9-11.

Legare, C.H. y Gelman, S.A. (2008). "Bewitchment, Biology, or Both: The Co-Existence of Natural and Supernatural Explanatory Frameworks Across Development". *Cognitive Science*. No. 4, Vol.32, pp. 607-642.

Lukin, K. (2012). *Exciting middle and high school students about immunology: an easy, inquiry-based lesson*. Immunologic Research. ISSN 0257-277X. En: <http://www.nationaljewish.org/NJH/media/pdf/SURP-Immunologic-Research-Mouse-Dissection.pdf> [consultado el 19 de junio de 2013].

Nersessian, N. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge: The MIT Press.

Norman, D.A. (1983). "Some observations on mental models". En: Gentner, D. y Stevens, A.L. (eds.). *Mental Models* (pp. 7-14). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Núñez, F. y Banet, E. (1996). "Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación". *Enseñanza de las Ciencias*. No. 3, Vol. 14, pp. 261-278.

Núñez-Oviedo, M.C., Clement, J. y Rea-Ramírez, M.A. (2008). "Developing Complex Mental Models in Biology Through Model Evolution". En: Clement, J. y Rea-Ramírez, M. (eds.). *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 173-193). USA: Springer.

Raman, L. y Gelman, S. (2004). "A Cross-Cultural Developmental Analysis of Children's and Adults' Understanding of Illness in South Asia (India) and the United States". *Journal of Cognition and Culture*. No. 2, Vol. 4, pp. 293-317.

_____. (2005). "Children's Understanding of the Transmission of Genetic Disorders and Contagious Illnesses". *Developmental Psychology*. No. 1, Vol. 41, pp. 171-182.

Rojas, W., Anaya, J.-M., Aristizábal, B., Cano, L.E., Gómez, L.M. y Lopera, D. (2010). *Inmunología de Rojas*. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas.

Serrano, G.T. (1992). *Desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Complutense. Madrid.

Spelke, E. (1991). "Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory". En: Carey, S. y Gelman, R. (eds.). *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (pp. 133-169). NY: Erlbaum.

Tamayo, Ó.E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.

Tamayo, Ó.E. y Sanmartí, N. (2007). "High-School Students' Conceptual Evolution of the Respiration Concept from the Perspective of Giere's Cognitive Science Model". *International Journal of Science Education*. No. 2, Vol. 29, pp. 215-248.

Varela, F. (1997). "El Segundo cerebro del cuerpo". En: Fischer, H.R., Retzer, A. y Schweitzer, J. (comps.). *El final de los grandes proyectos* (pp. 107-113). Barcelona: Editorial Gedisa.

Vosniadou, S. (1997). "On the development of the understanding of abstract ideas". En: Härnquist, K. y Burgen, A. (eds.). *Growing up with science. Developing early understanding of science* (pp. 41-58). Great Britain: Atheneum Press.

Vosniadou, S. y Brewer, W. (1992). "Mental models of the earth: A study of the conceptual change in childhood". *Cognitive Psychology*. No. 24, pp. 535-585.

_____. (1994). "Mental models of the day/night cycle". *Cognitive Science*. No. 18, pp. 123-183.