

MODELIZACIÓN DIDÁCTICA EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO: EJEMPLOS DESDE LA BIOLOGÍA DEL DESARROLLO

FELIPE ,ANTONIO E.¹ ; LARRICQ, ROMINA²

¹Depto. Cs. Biológicas, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Facultad de Ciencias Veterinarias, Arroyo s/n°;

²Profesorado en Cs. Naturales, ISFDyT Nro 10; (7000) Tandil, Buenos Aires, R. Argentina, e-mail: aefelipe@vet.unicen.edu.ar

RESUMEN

Enseñar ciencias implica transmitir un conjunto de conocimientos y promover el desarrollo de procesos de pensamiento y acción. En esta presentación se ejemplifica el trabajo con modelos desde una perspectiva didáctica en el Espacio Curricular Biología del Desarrollo Animal del Profesorado en Cs. Naturales (ISFDyT Nro. 10 de Tandil - R. Argentina). Los estudiantes dispusieron de guías de trabajo para los temas ovocitos y cigotas, modelos tridimensionales y presentaciones en power point. Se implementaron situaciones de aprendizaje orientadas a la construcción y evaluación de representaciones, visualización y comunicación multimodal. Las actividades de comparar sus dibujos con las microfotografías y representaciones gráficas de ovocitos, permitieron a los estudiantes el manejo de diferentes representaciones, determinar la consistencia de sus modelos con otros referidos a las mismas entidades, valorar la utilidad de sus representaciones y enriquecer y diversificar su marco conceptual. Las actividades de esquematizar ovocitos y cigotas efectuando la rotación mental de las mismas les permitió discutir sobre el proceso de visualización y analizar las relaciones y la orientación espacial de los componentes representados. Las actividades diseñadas permitieron determinar dificultades y progresos, promover la reflexión, el control y de planificación de su actuación, la toma de decisiones y la comprobación de resultados.

Palabras clave: biología del desarrollo, habilidades, modelización, representaciones.

INTRODUCCION

La formación de profesores en ciencias requiere de la integración entre el conocimiento de las disciplinas científicas y su enseñanza, considerando que los principios que orientan el aprendizaje exitoso en los estudiantes también orientan el aprendizaje profesional de los docentes (Montecinos, 2003). La docencia actual además de informar debe formar, superando la visión del estudiante que recibe información y acumula teoría. La mera transmisión de contenidos genera estudiantes que creen aprender, porque acumulan saberes, emiten respuestas, obtienen notas y acreditan materias, pero sin comprender *qué, cómo y para qué* aprenden (Morán Oviedo, 2004). Es así que las aulas deben transformarse en lugares donde se promueva la reconstrucción del conocimiento a través de la discusión, el análisis, la reflexión sobre lo que se expone, se lee y se escribe. Es preciso crear situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes aporten sus conocimientos en la construcción de interpretaciones de la información. Los estudiantes deben ser conscientes de los procesos que se emplean en la elaboración de conocimientos, promoviendo sus procesos cognitivos, de control y de planificación de su actuación, de la toma de decisiones y la comprobación de resultados.

Enseñar ciencias debería implicar transmitir un conjunto de conocimientos y promover el desarrollo de procesos de pensamiento y acción. Para ello deben diseñarse estrategias metodológicas que permitan a los estudiantes apropiarse tanto de conceptos científicos básicos como de los métodos adecuados para trabajar con ellos (Ruiz Ortega, 2007). Entre tales métodos pueden citarse los que implican el enriquecimiento del razonamiento analógico, la argumentación, la experimentación, la comunicación multimodal y la utilización de información científica. No es suficiente enseñar con y desde las representaciones científicas adaptadas al aula para que se produzca un enriquecimiento conceptual en los estudiantes. Resulta necesario que tal actividad esté acompañada por la construcción, el desarrollo, la modificación y la sustitución de tales representaciones y procedimientos. Autores como Márquez y Prat (2005) proponen la posibilidad de alfabetizar a los estudiantes para que utilicen múltiples sistemas de representación. La alfabetización científica que proponen va más allá del cambio conceptual y aspiran a lograr un cambio representacional que posibilite nuevas formas de conocimiento. A los fines de esta presentación, entendemos a la alfabetización científica con una doble dimensión (Lombardi *et al.*, 2009). Por un lado, el estar familiarizado con los conceptos y hechos científicos y por otro, la de tener la habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar dentro de una comunidad de discurso y una práctica específica.

Un requisito en el proceso de elaboración de representaciones es la capacidad de visualización. Esta facilita ver mentalmente para representar en la imaginación un objeto concreto y dotarlo de un color, tamaño, forma y características definidos. Las actividades de imaginación visual se pueden extender hacia la creación de imágenes externas que permiten expandir las experiencias de aprendizaje. Muchas representaciones científicas asumen distintas formas como imágenes visuales (ecografías, microfotografías, esquemas, diagramas, cuadros, tablas, etc.). Los expertos pueden decodificar las imágenes ya que poseen el saber de cómo interpretarlas y valorarlas en sus alcances y limitaciones. Ellos disponen de una gran variedad de modos y submodos de representación y la habilidad para utilizarlas, intercambiarlas o modificarlas considerando la tarea que desarrollan. Por otra parte, cabe considerar que la información contenida en las imágenes se procesa de una manera diferente a la contenida en un texto (Maturano *et al.*, 2009). Esto lleva a considerar que en el ámbito educativo resulta importante el desarrollo de habilidades de alfabetización visual.

Emplear a la modelización no sólo como “vehículo” o como estrategia didáctica sino como contenido, implica hablar de modelización didáctica. Esta consiste en recontextualizar los

modelos científicos constituyéndolos en objetos de enseñanza (Rojas Durango, 2015). El profesor, además de conocer la naturaleza y el alcance explicativo de un modelo científico debe adicionarle su saber didáctico.

Un aspecto importante dentro de la estrategia de trabajo son las prácticas de comunicación, en especial las que promueven la generación de explicaciones multimodales, en las cuales se comparten, discuten, modifican y enriquecen representaciones. Toda representación externa se configura con un registro semiótico determinado (imagen, lenguaje, maqueta, mapa, etc.), con finalidades comunicativas, cognitivas u operatorias (O'Halloran, 2004). En el campo de la enseñanza de las ciencias biológicas, además de la comunicación oral y escrita, es relevante el uso de otros modos comunicativos (fotografías, dibujos, maquetas, fórmulas, esquemas, etc.) promoviendo que los estudiantes aprendan a moverse entre distintos modos de representación. Los estudiantes desarrollan en las situaciones de aula una amplia variedad de representaciones en torno a la noción de modelo (Justi, 2006). Es factible que logren conocer, comprender y elaborar modelos y además desarrollar una mejor comprensión de los procesos y propósitos de la ciencia junto con los contenidos mediante la modelización. En este trabajo se concibe a la modelización como un proceso recursivo, constituido por una serie de actividades en las cuales los estudiantes deben utilizar diferentes formas de representación de los conceptos para formular descripciones y explicaciones de los mismos, elaborar sus propias representaciones, analizar críticamente los modelos utilizados (señalando su utilidad y sus limitaciones) y compararlos con modelos presentados por libros de texto y publicaciones científicas. Es así que los estudiantes adquieren experiencia trabajando con modelos, reflexionando sobre esas experiencias, discutiendo las funciones de los modelos en la enseñanza y la investigación. Al utilizar los modelos elaborados por los científicos es necesario que los estudiantes comprendan su naturaleza y sus funciones.

LAS EXPERIENCIAS EN EL AULA

El objetivo de esta presentación es ejemplificar el trabajo con modelos y modelización desde una perspectiva didáctica en el Espacio Curricular Biología del Desarrollo Animal en el Profesorado en Cs. Naturales del ISFD Nro. 10 de Tandil-R. Argentina. Dicho Espacio Curricular se concibe no sólo para trabajar contenidos disciplinares específicos sino también para la recuperación e integración de saberes de cursos previos como Biología y Laboratorio I, Biología y Laboratorio II, Biología Humana, Biología de los Animales y Biología Celular y Molecular. Las clases seleccionadas son las correspondientes a los temas “Los ovocitos” y “Las cigotas”, desarrolladas en tres encuentros de 2 horas de duración cada uno. Dichos temas forman parte de la Unidad didáctica Desarrollo embrionario preimplantacional. Los contenidos previos asociados con el tema “Los ovocitos” fueron la morfología del ovario, el proceso de foliculogénesis, endocrinología del sistema reproductor femenino y para “Las cigotas” se recuperaron conceptos del proceso de fecundación y la morfología del oviducto.

Los estudiantes dispusieron de una guía de trabajo por tema, microfotografías, modelos tridimensionales (maquetas) y presentaciones en power point. En la primera parte de cada guía se presentaban los objetivos de las actividades y una consigna general para trabajar con un texto descriptivo a partir del cual debieron resolver una serie de actividades que se enlistan en la Tabla 1. Luego de trabajar el proceso de fecundación, los estudiantes resolvieron la guía sobre el estadio de cigota. En las actividades 1 y 2 de cada guía (Tabla 1) los estudiantes elaboraron un modelo del ovocito y uno de la cigota de mamíferos euterios con dos formas de representación (esquema y texto). En la actividad 3 procedieron a comunicar los resultados de su trabajo, lo discutieron y, de ser necesario, lo reelaboraron. Luego debieron utilizar su modelo y el contenido que el mismo representaba para resolver la actividad 4 de cada guía

(Tabla 1). En esta actividad, además de utilizar sus representaciones para elaborar criterios de análisis, las contrastaban con criterios científicos donde se indican variables y valores normales para el análisis de la citomorfología de los ovocitos y de las cigotas, procediendo a determinar la validez y pertinencia de sus resultados. El trabajo con las tablas de evaluación morfológica de ovocitos y cigotas presentadas permitió la introducción de nuevos conceptos a fin de enriquecer los modelos elaborados.

| Actividades Guía Los ovocitos | Actividades Guía Las cigotas | Intención modelizadora |
|--|---|--|
| 1.- Elabora un esquema de un ovocito. Puedes realizar varias representaciones. Coloca en el esquema todas las referencias necesarias. | 1.- Elabora el esquema de una cigota. Puedes realizar varias representaciones. Coloca en el esquema todas las referencias necesarias. | Selección de información. Manejo de términos y conceptos. Secuenciación y priorización de conceptos. Elaboración de representaciones gráficas. |
| 2.- Describe la estructura del ovocito que esquematizaste. | 2.- Describe la estructura de la cigota que esquematizaste. | Habilidad descriptiva. Elaboración de representaciones proposicionales. Visualización espacial. Determinación del poder descriptivo del modelo. |
| 3.- Efectúa la presentación ante tus compañeros de los resultados de tu trabajo. | 3.- Efectúa la presentación ante tus compañeros de los resultados de tu trabajo. | Comunicación multimodal. |
| 4.a- En los laboratorios donde se trabaja con ovocitos y embriones, una de las primeras tareas es realizar su EVALUACIÓN MORFOLÓGICA. La misma permite determinar la “calidad” de los especímenes para saber si son adecuados como material de trabajo. Tu tarea consiste en ELABORAR LOS CRITERIOS PARA EVALUAR OVOCITOS. Ten en cuenta las variables a considerar. | 4.a- En los laboratorios donde se trabaja con embriones, resulta importante contar con criterios para determinar si ha ocurrido la fecundación. Elabora, a partir de la lectura realizada, los criterios que podrían utilizarse para diferenciar ovocitos de cigotas. | Selección de información. Criterios de relevancia y pertinencia del modelo. Interpretación del modelo. Elaboración de representaciones proposicionales. Determinar los poderes explicativo y predictivo de cada modelo, reconociendo sus limitaciones. |
| 4.b- Compara el listado de criterios que elaboraste con los utilizados en un laboratorio de investigación. | 4.b- Compara el listado de criterios que elaboraste con los utilizados en un laboratorio de investigación. | Contrastación de los resultados de la utilización del modelo. |
| 5.- Efectúa la presentación ante tus compañeros de los resultados de tu trabajo. | 5.- Efectúa la presentación ante tus compañeros de los resultados de tu trabajo. | Comunicación multimodal. |

Tabla 1: Primera serie de actividades e intenciones modelizadoras para los temas “Los ovocitos” y “Las cigotas”.

Una vez finalizada la serie I de actividades en cada clase y discutidos grupalmente los resultados obtenidos se procedió a realizar la serie II (Tabla 2). En las tres primeras actividades sobre los ovocitos y las dos iniciales correspondientes a las cigotas, los

estudiantes debían contrastar su modelo con distintos modos de representaciones científicas (esquemas y microfotografías), discutiendo y enriqueciendo sus modelos.

| Actividades Guía “Los ovocitos” | Actividades Guía “Las cigotas” | Intención modelizadora |
|---|--|--|
| 1.- Compara el esquema que elaboraste de un ovocito con el representado en la Figura 1 (ver Figura 1 a). Indica las semejanzas y diferencias que encuentres. | 1.- Observa las Fotografías 6 y 7 (ver Figura 2 a). Compara las mismas con el esquema que elaboraste de una cigota. Señala diferencias y semejanzas entre la foto y tu representación. Si hubiera diferencias: ¿A qué las atribuirías? | Análisis del modelo elaborado. Contraste con un modelo científico. Utilidad del modelo elaborado. Determinar la correspondencia de los modelos con los datos disponibles. |
| 2.- Analiza las fotografías 1, 2 y 3 (ver Figura 1 b) correspondientes a ovocitos postovulatorios de mamífero. Las mismas fueron tomadas con 40X. Identifica los componentes observables en cada microfotografía y registra a continuación los mismos, señalando su posición. | | Manejo de diferentes representaciones. Análisis comparativo. Utilidad del modelo elaborado. |
| 3.- Con los resultados del ítem anterior, analiza las fotografías 4 y 5 (folículos preovulatorios) (ver Figura 1 b). Indica qué estructuras de los mismos se encuentran presentes en un ovocito postovulatorio. | 2.- Observa y analiza las Fotografías 8 y 9 (ver Figura 2 a). a- Describe la estructura fotografiada en cada caso, considerando los elementos presentes y sus posiciones relativas. b- Indica cuál de ellas se corresponde con un ovocito y cuál con una cigota. Fundamenta tu respuesta. c- Cada estructura fotografiada: ¿Representa una o más células? ¿Por qué? d- ¿Qué componentes celulares no son registrados en las fotografías? ¿Por qué? | Utilidad del modelo elaborado. Interpretación del modelo. Determinar la consistencia del modelo con otros modelos referidos al mismo objeto o proceso y con conceptos científicos. |
| 4.- Esquematiza cómo se vería el ovocito que representaste si lo giras 45° hacia abajo y 90° a la derecha. | 3.- Esquematiza cómo se vería la cigota que representaste si la giras 45° hacia arriba y 90° a la izquierda. | Visualización del modelo. Ejecución del modelo. Relaciones y orientación espacial. |
| 5.- Observa la serie de ovocitos de diferentes especies que se presenta en la Lámina 1 (ver Figura 1 c). Compáralos entre sí y establece las semejanzas y diferencias. | 4.- En la Lámina 2 (Figura 2 b) se pueden observar esquemas de cigotas de diferentes especies de mamíferos. Efectúa su comparación y señala semejanzas y diferencias. | Manejo de diferentes representaciones. Análisis comparativo. |
| | 5.- A partir de los resultados del ítem anterior, responde: ¿Qué tendrías en cuenta para elaborar un esquema representativo de “la cigota” de los mamíferos? | Selección y priorización de información (variables del modelo). Elaboración de representaciones proposicionales. |

Tabla 2: Segunda serie de actividades e intenciones modelizadoras para los temas “Los ovocitos” y “Las cigotas”.

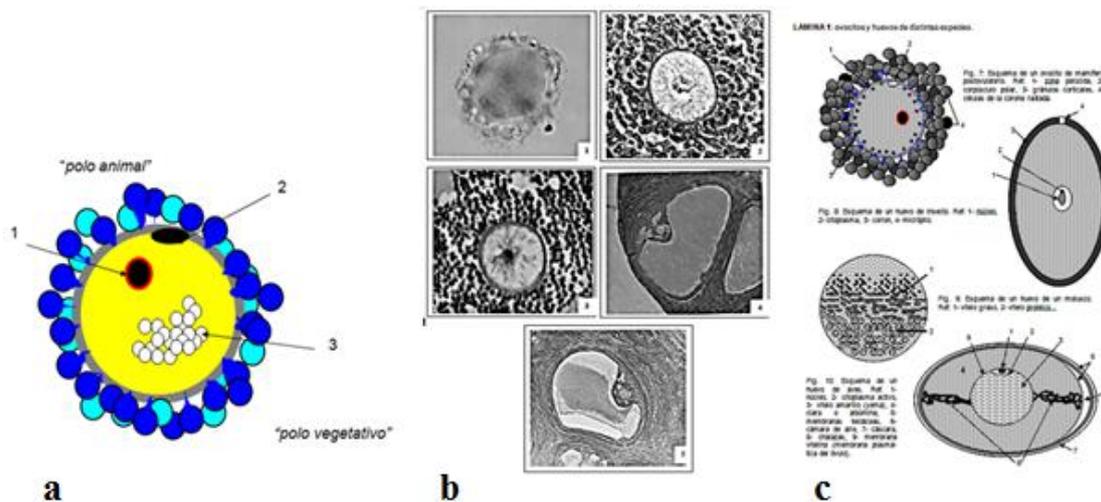


Figura 1: a- Esquema de un ovocito. Referencias: 1- núcleo; 2- cuerpo polar; 3- granulaciones citoplasmáticas. b- Lámina con microfotografías de ovocitos y folículos de mamífero. c- Lámina con esquemas de ovocitos y huevos de distintas especies.

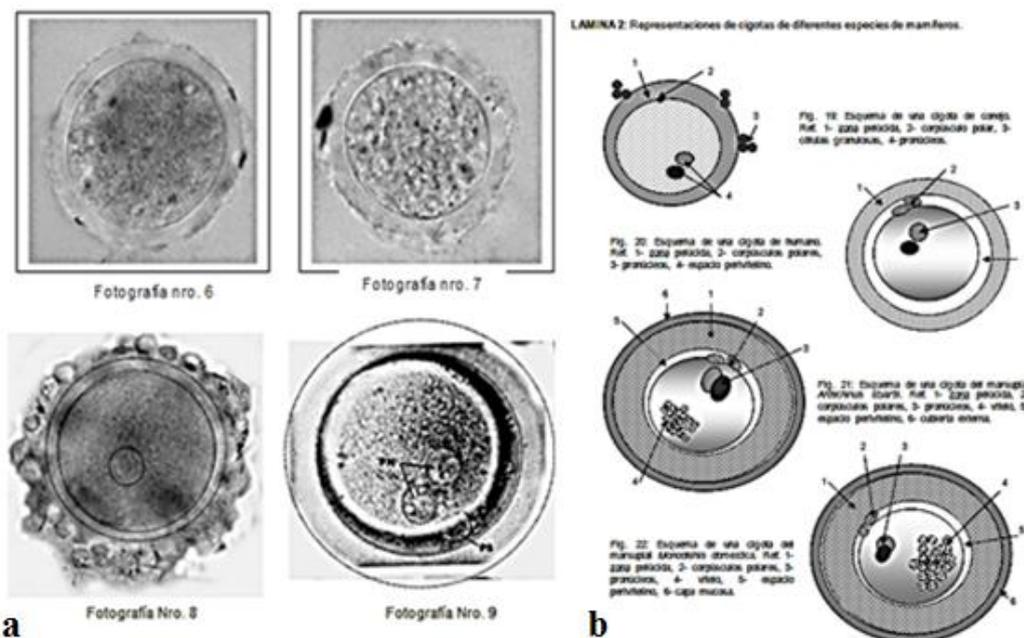


Figura 2: a- Microfotografías de cigotas. b- Lámina con esquemas de cigotas de distintas especies de mamíferos.

Sobre la evaluación de la experiencia

La evaluación de la experiencia se basó en tres instrumentos: 1.- el registro y monitoreo continuo de los resultados obtenidos por los estudiantes en cada una de las actividades, 2.- la incorporación de reactivos específicos en la evaluación sumatoria del tema Desarrollo Embrionario Preimplantacional y 3.- una encuesta a los estudiantes. En este trabajo se presentan resultados correspondientes a las actividades en las clases.

RESULTADOS

En el proceso de esquematización de los ovocitos la totalidad de los estudiantes manifestó dificultades para la representación de estructuras o elementos considerando sus tamaños relativos y sus relaciones topográficas. Por ejemplo, el grosor de la zona pelúcida, el tamaño y la ubicación de los corpúsculos polares, la ubicación excéntrica del núcleo y su relación con las sustancias de reserva y el tamaño de los gránulos corticales. Al tratarse de los corpúsculos polares fue necesario revisar el proceso de meiosis y la citocinesis diferencial que acontece en la formación de las gametas femeninas, a diferencia de las masculinas. Al trabajar con la representación gráfica de las cigotas, los estudiantes consideraron facilitada su tarea por la práctica previa. Sin embargo, se observaron dificultades en la localización del denominado espacio perivitelino, su significación biológica, la localización de los espermatozoides o sus remanentes en las cigotas. Al tener que describir sus esquemas de ovocitos, se observaron en un 40% de los estudiantes errores en la secuencia topográfica en la cual mencionaban los componentes o formulaban las relaciones entre ellos. La asociación entre ambas actividades (dibujo y descripción del mismo), les permitió, además de determinar la correspondencia de sus modelos con los datos disponibles, identificar posibilidades de mejoras en los esquemas elaborados y efectuar correcciones, formulando la totalidad de los estudiantes representaciones adecuadas de las entidades trabajadas (ovocitos y cigotas).

Todos los estudiantes señalaron que no estaban “acostumbrados” a efectuar la lectura de los textos y, a partir de la misma, efectuar la selección y priorización de conceptos a ser representados en un esquema. Si bien les resultaba habitual el uso de esquemas, gráficos, dibujos y fotografías, percibían que no disponían del “manejo de los códigos” necesarios para interpretar un esquema y efectuar su descripción en forma oral o escrita o bien, a partir de un texto, elaborar un dibujo. Un aspecto trabajado en las clases fue el empleo de convenciones para la elaboración de dibujos y en el análisis de los esquemas, de las microfotografías y de las maquetas, como representaciones bi y tridimensionales. A la vez, se buscaron consensos en el uso de códigos que debían ser explicitados por los estudiantes al presentar y describir sus representaciones. De esta manera se les permitió utilizar sus propios términos y durante las discusiones se fueron adaptando a terminología científica.

Al momento de elaborar criterios para evaluar ovocitos y cigotas (Actividad 4 de cada Guía) se suscitaban debates en cuanto a la relevancia y pertinencia de sus representaciones. Cada criterio redactado debía ser entendido por los estudiantes como resultado de la interpretación de los modelos (en sus formas textual y esquemática) y su formulación escrita como una representación proposicional. La actividad de contrastar sus resultados con los presentados en las Guías, les permitieron analizar y reconocer las limitaciones de sus representaciones así como la dificultad o imposibilidad de incluir en un dibujo todos los elementos necesarios para que un criterio fuera aplicable. Por ejemplo, aquellas características que derivan de ser entidades tridimensionales, como la forma y la simetría.

Las actividades de comparar sus dibujos con las microfotografías y representaciones gráficas de ovocitos, tanto de mamíferos como de otras especies permitieron a los estudiantes el manejo de diferentes representaciones, determinar la consistencia de sus modelos con otros modelos referidos a las mismas entidades, valorar la utilidad de las representaciones que habían elaborado y enriquecer y diversificar su marco conceptual. Las actividades de esquematizar ovocitos y cigotas efectuando la rotación “mental” de las mismas les permitió a los estudiantes discutir sobre el proceso de visualización de sus modelos y analizar las relaciones y la orientación espacial de los componentes representados. Si bien estas actividades les resultaron complejas al realizarlas con los ovocitos, no se observaron dificultades al trabajar con el tema “Las cigotas”.

DISCUSIÓN

En las actividades reseñadas en este trabajo los estudiantes, para representar estructuras biológicas, fueron incorporando en su proceso de modelización cada vez más entidades, propiedades y relaciones, a la vez que integrando las experiencias generadas en el aula. De esta forma sus representaciones fueron cada vez más abstractas. Estos aspectos coinciden con los observados en prácticas de modelización por Gómez Galindo (2006 y 2013). Por otra parte, la capacidad de transferencia de los estudiantes les facilitó utilizar los conocimientos adquiridos en sus experiencias de esquematización y descripción de los ovocitos para el desarrollo de las actividades con las cigotas, de esta manera lograron planificar estrategias de resolución al revisar sus patrones de trabajo y aplicarlos en la solución de problemas semejantes (García García y Rentería Rodríguez, 2013).

Los momentos de intercambio entre estudiantes, trabajados como procesos de comunicación multimodal, llevaron a la consideración de la enseñanza y el aprendizaje como prácticas situadas. Así, una parte importante de sus resultados son consecuencia de los procesos de interacción docente-estudiantes y entre estudiantes. Lave y Packer (2011) señalan que, basadas en la interacción social que se genera, las personas se organizan para atender y dar significado a ciertas preocupaciones, en modo semejante a las denominadas comunidades de prácticas. Estas son entendidas por Lave y Wenger (1991) como “*conjuntos de participantes que comparten una comprensión de lo que están haciendo y de lo que ello significa*” (Larreamendy, 2011, pág. 37). De este modo, los estudiantes aprenden a involucrarse y transformarse de participantes periféricos a participantes plenos (Lave y Wenger, 1991), aconteciendo “*una reconfiguración de la producción y reproducción de objetos, sean ellos textos, otras personas, eventos sociales o instituciones*” (Lave y Packer 2011, pág. 21). García García y Rentería Rodríguez (2011 b) consideran que los estudiantes se convierten en parte activa para darle sentido a las actividades. El empleo de las representaciones externas con diferentes registros semióticos (lenguajes escrito y oral y dibujos) forma parte y da lugar a los procesos de comunicación, resolución de problemas y negociación de significados para lograr mejoras en la cognición, el razonamiento o las habilidades operativas (García García y Rentería Rodríguez, 2011 b). La comunicación de las representaciones externas de los estudiantes les otorga el valor de modelos expresados (Justi, 2006). Como tales pueden ser analizados, discutidos y modificados en un ámbito de trabajo cooperativo.

No siempre durante la formación de grado los profesores han tenido oportunidades para analizar y discutir sobre la elaboración de modelos, su validez, sus relaciones con las entidades o procesos que representan, la multiplicidad de modelos posibles para un mismo objeto y los criterios que orientan su construcción y selección con objetivos específicos (Felipe *et al.*, 2005; Vaghan, 2006). Por lo expuesto es importante que durante la formación inicial de los profesores se les permita como estudiantes participar activa y críticamente en procesos de modelización didáctica, visualización y comunicación multimodal a fin de ir desarrollando sus capacidades para entender el propósito de las simplificaciones que se hacen de los modelos complejos con fines didácticos y enriquecer sus habilidades tanto para visualizar y enseñar a hacerlo como para poder comunicarse con sus alumnos diferentes formas de representación.

García García y Rentería Rodríguez (2011 b) afirman que “*Las representaciones de los estudiantes presentan lo que ellos ven, pero en el grupo-clase se discute la idea de una diferencia entre lo que vemos, lo que está allí y lo que ven los demás.*” Las prácticas desarrolladas en esta experiencia de consensuar convenciones para la elaboración y en el análisis de representaciones enriquecerían las habilidades de visualización y favorecerían, según Gómez Galindo (2013), la modelización al compartir experiencias y formas de

interpretación, además de elaborar explicaciones multimodales mediante las cuales hacer un uso adecuado de términos y conceptos y sus distintas formas de expresión. Coll *et al.* (2006) destacan la importancia de que los estudiantes, además de trabajar con modelos, reflexionen sobre los mismos (por ejemplo sobre sus procesos de elaboración, su utilidad y sus límites) e incrementen así sus habilidades metacognitivas. Estos autores comparten también la idea de promover prácticas educativas con entornos colaborativos donde se efectivice el debate sobre los modelos y la búsqueda de consensos, en modo similar a lo que acontece en una comunidad científica.

Las prácticas de modelización realizadas por los estudiantes se centraron en esquematizar, describir, seleccionar y organizar los elementos constituyentes de dos estructuras biológicas a partir de un par de textos, constituidos en la “situación problema” a efectos de determinar la composición (disposición, conexiones y propiedades) de manera simplificada, cumpliendo dos de las tres condiciones establecidas por Halloun (1996) para trabajar con modelos. La perspectiva de estos trabajos consistiría en actividades que permitan a los estudiantes establecer cómo esas estructuras cambian espacio-temporalmente (su comportamiento), analizar la funcionalidad de sus representaciones para explicar otras estructuras o procesos de la biología del desarrollo y generar predicciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coll, R.K.; France, B. y Taylor, I. (2006). El papel de los modelos y analogías en la educación en ciencias: implicaciones desde la investigación. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1): 160-162.

Felipe, A.E.; Gallarreta, S.C. y Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 4(3). Disponible en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N3.pdf Consultado el 12 de junio de 2015.

García García, J.J. y Rentería Rodríguez; E. (2011^a). La medición de las capacidades de modelización en las ciencias experimentales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 33: 1-28. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1942/194218961009.pdf> Consultado el 8 de marzo de 2014.

García García, J.J. y Rentería Rodríguez; E. (2011b). La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad de resolver problemas. *Uni Pluri/Versidad* 11 (1): 13 pp. Disponible en: <file:///D:/Datos%20de%20Usuario/Downloads/10561-31371-1-PB.pdf> Consultado el 12 de junio de 2015.

García García, J.J. y Rentería Rodríguez; E. (2012). La medición de la capacidad de resolución de problemas en las ciencias experimentales. *Ciência & Educação*, 18 (4): 755-767. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v18n4/v18n4a02.pdf> Consultado el: 15 de febrero de 2013.

García García, J.J. y Rentería Rodríguez; E. (2013). Resolver problemas y modelizar: un modelo de interacción. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5 (11): 297-333.

Gómez Galindo, A.A. (2006). El modelo cognitivo de ciencia y la ciencia escolar como actividad de formación. *Colección Configuraciones Formativas. I. El estallido del concepto de formación*, pp.139-156.

Gómez Galindo, A.A. (2013). Explicaciones narrativas integradas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31 (1): 11-28.

Halloun, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research Learning of Physics*, Arizona, 9 (33): 1019-1041.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2): 173-184.

Larreamendy, J. (2011). Aprendizaje como reconfiguración de agencia. *Psicología y cultura*, 40: 33-43. Disponible en: <http://res.uniandes.edu.co/view.php/711/index.php?id=711> Consultado el 9 de junio de 2015.

Lave, J. y Packer, M. (2011). Hacia una ontología social del aprendizaje. *Revista de Estudios Sociales*, 40: 12-22. Disponible en: <file:///D:/Datos%20de%20Usuario/Downloads/Dialnet-HaciaUnaOntologiaSocialDelAprendizaje-3696762.pdf> Consultado el 12 de junio de 2015.

Lave, J. y Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press. Disponible en: <http://www.universidad-de-la-calle.com/Wenger.pdf> Consultado el 12 de junio de 2015.

Lombardi, G.; Caballero, C. y Moreira, M.A. (2009). El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico. *Revista de Investigación*, 66: 147-186. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/ri/v33n66/art08.pdf> Consultado el 12 de junio de 2015.

Márquez, C. y Prat, A. (2005). Leer en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23: 431-440.

Maturano, C.; Aguilar, S. y Núñez, G. (2009). Conversión de imágenes al lenguaje escrito: un desafío para el estudiante de ciencias naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1): 63-78. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/920/92012998005.pdf> Consultado el 13 de junio de 2015.

Montecinos, C. (2003). Desarrollo profesional docente y aprendizaje colectivo. *Psicoperspectivas*, 2: 105 - 128. Disponible en: <http://www.psicoperspectivas.cl/index.php/psicoperspectivas/article/viewFile/6/6>

Morán Oviedo, P. (2004). La docencia como recreación y construcción del conocimiento Sentido pedagógico de la investigación en el aula. *Perfiles educativos*, 26(105-106): 41-72. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13210603> Consultado el 3 de marzo de 2012.

O'Halloran, K. (2004). *Multimodal discourse analysis: systemic functional perspectives*. Nueva York: A&C Black.

Rojas Durango, Y.A. (2015). *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*. Depto. de Educación Avanzada, Facultad de Educación, 119 págs. Disponible en: <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/221/1/DificultadModelizacionDidacticaModeloBiologicoFlor.pdf> Consultado el 12 de junio de 2015.

Ruiz Ortega, F.J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3 (2): 41-60. Disponible en:

http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana3-2_4.pdf Consultado el 9 de junio de 2015.

Vaghan, P. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15): 1843-1866.