

# **Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de Neoplasia. Las Representaciones de Estudiantes de Psicología**

## **Teaching and Learning The Neoplasia Concept. Representations of Psychology Students**

**Ana C. Priegue, Nancy Mora, María Rassetto**

Facultad de Ciencias de la Educación – Universidad Nacional del Comahue

[caropriegue@yahoo.com.ar](mailto:caropriegue@yahoo.com.ar) [nancyjimora@gmail.com](mailto:nancyjimora@gmail.com)

### **Resumeno**

Esta investigación se desarrolló con estudiantes del seminario de Biología General, correspondiente al primer año de la carrera de Psicología de la Universidad Nacional del Comahue, Argentina. El estudio fue de corte mixto, con el propósito de analizar las capacidades de modelización que los estudiantes ponen en juego durante el desarrollo de las actividades grupales. Para ello se tuvieron en cuenta videos, maquetas, explicaciones orales de las maquetas, textos argumentativos y redes conceptuales. El estudio de las representaciones y el papel que estas juegan en el proceso de enseñanza aprendizaje proporcionaron evidencia a la cátedra, sobre la diversidad de modelos y formas de representación que pueden ser de utilidad a los estudiantes para explicarse ellos mismos y a sus pares, los complejos procesos biológicos involucrados en la neoplasia. Así mismo, orientaron las propuestas pedagógico–didácticas con la intencionalidad de lograr un aprendizaje significativo.

**Palabras claves** Neoplasia, Biología, Enseñanza Universitaria.

### **Abstract**

This research was developed with seminary students of General Biology, from first year of Psychology at the National University of Comahue, Argentina. The study was of a mixed nature, with the aim of analyzing the modeling capabilities that students put into play during the development of the group activities. For this purpose there were considered videos, models, oral explanations of the models, argumentative texts and conceptual networks. The study of representations and the role these play in the teaching-learning process provided evidence to the chair, on the diversity of models and forms of representation that may be useful to students to explain themselves and their peers, complex biological processes involved in neoplasia. Likewise, they guided the pedagogical- didactic proposals with the intention of achieving meaningful learning.

**Key words:** Neoplasia, Biology, University Teaching.

## Introducción

En este trabajo se analizan las producciones sobre neoplasia de estudiantes ingresantes a la carrera de Psicología a partir de diversas representaciones externas: maquetas, mapas conceptuales, videos, textos explicativos como soportes semióticos del lenguaje (Galindo *et al.*, 2007). La propuesta está centrada en la indagación de las capacidades representacionales y las concepciones o representaciones proposicionales (Johnson-Laird, 1983; 1987) de los estudiantes de nivel superior, respecto a los eventos genéticos, celulares y tisulares relacionados con el modelo de neoplasia. Las representaciones consideradas para el presente trabajo surgieron como resultado de un proceso de enseñanza-aprendizaje en un marco constructivista, del Seminario de Biología General (ciclo propedéutico) correspondiente al primer año de la carrera de Psicología de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo, Argentina). El estudiantado está conformado principalmente por alumnos que han concluido recientemente sus estudios secundarios (mayores de 18 años).

A lo largo de los últimos años el equipo de cátedra de Biología Humana llevó a cabo investigaciones sobre concepciones previas de los alumnos ingresantes que dan cuenta de un conocimiento biológico compartimentalizado, estanco y con dificultades para establecer relaciones vinculares (Priegue *et al.*, 2012). Muchas veces los contenidos trabajados en el aula tienen sentido para el profesorado pero el alumnado no es capaz de establecer relaciones entre ellos (García Rovira, 2005). Esta problemática nos ubica frente al desafío de presentar una propuesta que favorezca el desarrollo de procesos cognitivos y metacognitivos que faciliten la construcción de conocimiento biológico con la complejidad inherente al nivel universitario, desde un enfoque integrador y actualizado de la disciplina. Desde hace cuatro años, los contenidos del seminario se articulan en torno a conceptos estructurantes (metadisciplinarios según Eduardo García, 1998) y a las tres preguntas centrales del programa de Biología ¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? (Mayr, 2006). Mediante esta opción teórica-metodológica se propone promover que los estudiantes construyan conocimiento desde una perspectiva sistémica y evolutiva para explicar las funciones biológicas de la especie humana y comprender al ser humano como sujeto bio-psico-social en relación con el ambiente (Arias *et al.*, 2012; sobre Programa de Cátedra, Rassetto; 2011). El enfoque sistémico exige la capacidad de establecer relaciones complejas y multicausales para lograr las explicaciones más adecuadas sobre un fenómeno concreto. La comprensión del enfoque sistémico es fundamental, no solo para la construcción de los procesos biológicos, sino también lo es en el desarrollo académico y profesional del egresado, ya que propicia el trabajo transdisciplinario en el campo de la Psicología.

Desde esta perspectiva, se diseñó una propuesta didáctica que incluyó la utilización de un libro de divulgación científica: “El desafío del cangrejo. Avances en el conocimiento, prevención y tratamiento del cáncer” de Daniel Alonso de la colección Ciencia que Ladra (2010) que trata la temática del cáncer, una enfermedad que arrastra gran estigmatización, tabúes y mitos sociales, lo que propicia el abordaje del ser humano desde las dimensiones biológica, psíquica y social, contempladas en el enfoque pedagógico didáctico elegido para este espacio curricular.

Se plantearon una serie de actividades orientadas a responder las preguntas ¿Por qué la gente se enferma de cáncer? y ¿Qué es la neoplasia? El propósito general fue la enseñanza del modelo de neoplasia a través de la construcción de representaciones externas de diverso tipo por parte de los estudiantes. De esta manera se compartieron espacios de discusión e intercambio mediados por la docente, que propiciaron procesos de modelización en los estudiantes. Las actividades consistieron en la elaboración de maquetas, redes conceptuales, explicaciones orales de las maquetas, elaboración de videos y de textos argumentativos.

## Referentes Teóricos

En la actualidad la enseñanza de Ciencias Naturales en general y de la Biología en particular implica la explicación de fenómenos naturales (Gómez Galindo, 2013). Actualmente el desafío en la enseñanza y aprendizaje de la Biología, reside en que los estudiantes, basados en evidencias, construyan explicaciones, planteen preguntas, arriben a conclusiones y tomen decisiones. En este contexto y para el presente trabajo consideraremos como explicación: “al acto de intentar hacer algo claro, entendible o inteligible, basado en evidencias, tales como observaciones y en el cual se establecen relaciones claras con un modelo, a partir del cual se pueden obtener conclusiones fundamentadas” (Norris *et al.*, 2005, citado por Gómez Galindo, 2011).

Los modelos teóricos científicos tienen como finalidad resolver alguna problemática de interés para la comunidad científica, en un determinado contexto. Se ajustan a datos experimentales y los integran, permitiendo explicar la parte de la realidad a la que hace referencia (Giere, 1992). Los modelos científicos son fundamentales en las Ciencias Naturales, dado que permiten explicar fenómenos, predecir y arribar a conclusiones. Por su parte, en el campo de la Didáctica, el interés reside en los modelos mentales que se ponen en juego en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Investigaciones en el campo de la Psicología y Ciencia Cognitiva, muestran que la apropiación de cualquier aspecto de la realidad supone representarse esa realidad, es decir construir modelos mentales de dicha realidad (Izquierdo, 1999). Además, el aprendizaje de las ciencias en la formación de grado, implica manejar el lenguaje y las representaciones de la ciencia erudita (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

En el presente trabajo se considerará a los modelos y representaciones en el sentido explicitado por Gómez Galindo (2014). Es decir, los modelos como constructos abstractos y como representaciones mentales (Johnson-Laird, 1983; 1987). Por su parte, haremos referencia a las representaciones externas como constructos concretos. Esto es, la expresión concreta de un modelo en uno o varios registros semióticos (lenguaje, imagen, video, maqueta, red conceptual, etc.). Es a través de los modelos, que los sujetos conciben formas de conceptualizar el mundo o los fenómenos naturales. Éstas son maneras de interpretar el mundo y por ende de comunicarlo (Gómez Galindo *et al.*, 2007). Los modelos implican explicar una porción de la realidad o un determinado fenómeno, lo que involucra a su vez explicaciones o comunicaciones, a través de palabras, dibujos, gestos, etc. De esta manera, se generan representaciones de dicho modelo (Tomayo Alzate, 2006; 2013).

A través de la modelización se puede enseñar a cambiar la manera de percibir, razonar, hablar y relacionar los hechos y los fenómenos, los modelos y las teorías y la simbología, el lenguaje y las representaciones, es decir, dibujar, escribir, hacer maquetas, etc. (Gómez Galindo, 2011) Las diferentes formas en que los estudiantes representan los modelos, permiten la comunicación, negociación de sentidos, significados y su regulación en la clase. A través del uso de representaciones se puede dar lugar a la construcción y evolución de modelos. En este sentido, las representaciones multimodales, implican el uso coordinado de palabras, dibujos, maquetas, ecuaciones, gráficas y gestos.

## Metodología

La investigación fue de corte mixto (Hernández Sampieri, 2007) y se realizó con una cohorte de 45 estudiantes divididos en dos comisiones. Se incluyeron en el estudio sólo los estudiantes que culminaron el proceso de enseñanza-aprendizaje propuesto, cumpliendo con todas las actividades requeridas y con el 80% de la asistencia a clase. La población analizada trabajó en grupos muy variados de 3 a 7 integrantes. El seminario duró 7 clases presenciales y 3 reuniones de grupo domiciliarias.

En una primera etapa se les preguntó “¿Por qué la gente se enferma de cáncer?” y “¿Qué es la neoplasia?”. Los soportes semióticos producidos por cada grupo consistieron en: maquetas, explicaciones orales de las maquetas, videos, textos argumentativos y redes conceptuales. En la segunda etapa, se realizó un análisis cualitativo de las explicaciones multimodales de los grupos de estudiantes sobre sus propias producciones. Del análisis, se elaboraron once categorías conceptuales:

1) Crecimiento celular descontrolado: Incluyen producciones que refieren a mitosis, duplicación celular acelerada, pérdida de los puntos de control en el ciclo celular, proliferación anormal, como los principales conceptos que subyacen en las afirmaciones realizadas por los alumnos. Por ejemplo: “*Las células empiezan a crecer sin control*” (estudiante 8).

2) Señalización celular anómala: Respuestas que contienen explicaciones sobre procesos de señalización celular, considerando no solamente los relacionados al crecimiento o a la multiplicación celular, sino también los procesos de comunicación intercelular del tejido o de los sistemas de órganos. Por ejemplo: “*Éstas células ya no son buenas vecinas*” (estudiante 14).

3) Relación matriz-célula dañada: Aquí se destaca el papel de la matriz del espacio extracelular en las funciones normales del tejido, ya sean, metabólicas, de soporte o sustento. Por ejemplo: “*Éstas células, tienen la matriz dañada y tienen tóxicos*” (estudiante 33).

4) Origen genético: Este parámetro se refiere al componente genético de la neoplasia (genotipo), diferenciando lo adquirido de lo innato en el desarrollo de la enfermedad, es decir genético pero no hereditario y a veces hereditario. Se incluye la mención de oncogenes, genes supresores de tumores y metastagenes. Por ejemplo: “*Se activaron genes de cáncer*” (estudiante 23).

5) Causa medioambiental: Los componentes medioambientales que inciden en la neoplasia. Es decir, el otro determinante del fenotipo. Por ejemplo: “*Influye el humo del cigarrillo, o no hacer deportes*” (estudiante 13).

6) Migración celular o metástasis: Los diferentes eventos celulares que producen el desprendimiento de una célula de su entorno y el ingreso al torrente sanguíneo, que puede generar otro foco de neoplasia distante. Por ejemplo: “*Éstas células ya hicieron metástasis, y ahora están en el pulmón*” (estudiante 7).

7) Vigilancia inmunitaria: Hacemos referencia a la teoría de vigilancia inmunitaria, la cual describe la primera barrera de control de la defensa específica (fagocitos, macrófagos y NK). Por ejemplo: “*Las células blancas se comen a las cancerígenas*” (estudiante 11).

8) Proceso: Reunimos las explicaciones que quieren dar cuenta del pasaje del estado sano del tejido al estado enfermo, de forma gradual y progresiva, ya sea, involucrando la actuación del sistema inmune o la transformación celular en el tejido. Por ejemplo: “*En este nivel son normales, luego de los rayos ultravioleta ya se empiezan a transformar y en este otro nivel ya están todas transformadas*” (en referencia a la representación de un estrato celular epidérmico, estudiante 41).

9) Contrastación sano-enfermo: Muestran un claro contraste entre el estado del tejido sano y el estado del tejido enfermo. Por ejemplo: “*Este es el tejido sano y éste el enfermo*” (señalando la parte que eligieron representar en grises, negro y bordó, que queda a un lado de la línea que lo divide del sano, estudiante 17).

10) Macroexplicativo: Consideramos en este apartado las explicaciones e imágenes referidas al nivel de organismo o de sistemas de órganos, ya sea con relaciones sistémicas o sin ellas.

Por ejemplo: “*Se puede ir al cerebro, o al hígado o a los pulmones... todos órganos vitales*” (señalando en la representación de plastilina de un cuerpo humano, estudiante 15).

11) Microexplicativo: Consideramos las explicaciones e imágenes referidas a la transformación a nivel genético, cromosómico o celular. Por ejemplo: “*Se mutan los genes, que están en los cromosomas, adentro de las células y éstas se desorganizan y ya empiezan a crecer mal*” (estudiante 2).

En una tercera etapa identificamos estas once categorías como presente o ausente para cada uno de los grupos.

## Resultados

La cuantificación de los resultados, se resume en el siguiente cuadro:

Categorías conceptuales/ Grupos de estudiantes	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Crecimiento celular descontrolado.	x	x	x	x	x	x	x	x
Señalización celular anómala.			x		x	x		
Relación matriz-células dañada.			x	x	x		x	x
Origen genético	x	x	x		x	x		
Causa medioambiental.	x	x	x	x	x	x	x	x
Migración celular – metástasis.		x	x	x				x
Vigilancia inmunitaria.		x	x	x	x			x
Proceso.	x	x	x	x	x	x		
Contrastación sano/enfermo.	x	x	x	x	x	x	x	x
Macroexplicativo.	x	x	x	x	x		x	x
Microexplicativo.		x	x	x	x	x	x	

Cuadro1: Categorías conceptuales implicadas en las explicaciones multimodales por grupos de estudiantes.

Las categorías arriba descritas abarcan tres grandes dimensiones que son posibles de establecer desde la lógica disciplinar de las Ciencias Biológicas. Nos referimos a: 1) Origen del cáncer; 2) Proceso del cáncer; 3) Nivel de organización del fenómeno. Por lo tanto, estas once categorías se agruparían de la siguiente manera:

1) Origen del cáncer: a) origen genético b) causa medioambiental.

2) Proceso del cáncer: a) crecimiento celular descontrolado; b) señalización celular anómala; c) relación matriz - células dañada; d) migración celular - metástasis; e) vigilancia inmunitaria; e) proceso; f) sano/enfermo.

3) Nivel de organización del fenómeno: a) macroexplicativo y b) microexplicativo.

En todos los grupos analizados aparecen representaciones proposicionales respecto del crecimiento celular descontrolado, respecto de las causas medioambientales y respecto de las contrastaciones entre tejido sano y enfermo. En siete de los ocho grupos aparece una

explicación del nivel macroexplicativo, mientras que encontramos en seis de los ocho grupos elementos referidos al nivel microexplicativo y a la noción de proceso. En cinco de los grupos, registramos representaciones proposicionales sobre la vigilancia inmunitaria, sobre el origen genético y sobre la relación célula-matriz dañada. Sólo en la mitad de los grupos encontramos referencias a la migración celular o metástasis y tan sólo en tres grupos hallamos menciones orales de señalización celular anómala.

### **Discusión de Resultados**

En términos generales, los resultados nos reflejan una alta proporción de expresión de las capacidades representacionales implicadas en el proceso de modelización en cuestión. Lo inferimos a partir de la distribución que muestra el cuadro, en la cual, la mayoría de los grupos dieron cuenta de varias categorías conceptuales explicadas. Valoramos el proceso que hicieron los alumnos de interpretación de textos, de indagación bibliográfica, de debate, de elaboración gradual de maquetas, de argumentación oral en defensa de sus modelizaciones, de redacción de textos y armado de redes conceptuales y de reflexión respecto de los límites de sus aproximaciones a un modelo. En éstos términos consideramos la propuesta de enseñanza como positiva o satisfactoria para lograr los propósitos de la cátedra (Arias *et al.*, 2012; Priegue *et al.*, 2012), tanto en cuanto al seminario propedéutico como a la asignatura Biología Humana que deberán cursar en el semestre siguiente.

Analizando cualitativamente cuáles de las categorías conceptuales prevalecen, encontramos tres de ellas desarrolladas por todos los grupos. Estas categorías fueron las de “crecimiento celular descontrolado”, “causas medioambientales” y “contraste entre tejido sano y enfermo”. Consideramos que éstas pudieron haber sido de las que más se apropiaron los estudiantes, debido en parte, a que el libro de referencia las explica con mayor detalle, mejores analogías o metáforas. También se dedicó mayor espacio a la explicación conceptual en las clases (mediante el debate del grupo clase sobre sus interpretaciones respecto del texto de referencia). Por su parte, se incluye el papel de los medios masivos de comunicación y los centros de salud en las campañas publicitarias de prevención de cáncer de piel o de pulmón.

Creemos pertinente destacar que categorías como la noción de “proceso”, “vigilancia inmunitaria” y “origen genético”, exigen en cambio, poner en juego aprendizajes previos del estudiantado, de contenidos de Biología, de la currícula de la escuela secundaria. Nos referimos por ejemplo a célula, ser vivo y sistemas de órganos, que por otra parte, constituyen modelos teóricos disciplinares. Ya que las mencionadas categorías aparecen en las producciones de la mayoría de los grupos, consideramos positivamente que éstos conocimientos previos, estuvieron probablemente implicados en las operaciones cognitivas desplegadas durante el proceso de modelización desarrollado en el seminario. Por otra parte, en el polo contrario de la apropiación conceptual, encontramos dos categorías conceptuales escasamente detectadas en algunos grupos. Éstas son las de “señalización celular” y “migración celular”. En estos casos interpretamos que se debe en parte, a que en ellas subyacen otras nociones de contenidos como las de expresión tejido-específica, receptores de membrana, comunicación celular, anclaje, matriz extracelular, que no son profundizados en la currícula de la escuela secundaria. Por otra parte, es un conocimiento específico que habitualmente no es divulgado con frecuencia por los medios masivos. Más aún, requieren un alto grado de abstracción y ofrecen un nivel de complejidad que la extensión del seminario no permite profundizar. Creemos que estos factores están directamente relacionados con la baja frecuencia con la que los grupos referenciaron la “señalización” y la “migración celular”.

Si bien nuestra atención se fijó en la identificación de las estas categorías conceptuales para el proceso de modelización del concepto de neoplasia, nos alertaron algunas otras regularidades presentes en los registros semióticos de la mayoría de los grupos. Primero, la constante

asociación entre tejido enfermo y colores oscuros y rótulos como “malo” o “podrido”. Segundo, la organización de la información, especialmente en los videos, según el modelo médico hegemónico. Si bien se refleja una actitud empática con el paciente, un trato humanitario cuidadoso, aún prevalece el modelo del médico dominante, como poseedor del único conocimiento socialmente validado. Esto constituye un aspecto a considerar en la formación del Psicólogo desde una perspectiva interdisciplinaria para el ejercicio del rol en el equipo de salud y el tratamiento psicológico del paciente con cáncer. A pesar de las discusiones generadas en el aula, el análisis crítico de las producciones finales, tanto de los videos, textos argumentativos y redes conceptuales, no se reflejó un posicionamiento alternativo. Esto no deja de ser un elemento de impacto en el enfoque sistémico y en el eje bio-psico-social de la asignatura que dicta la cátedra en el siguiente semestre.

## Conclusiones

Las diversas explicaciones multimodales logradas por los grupos de estudiantes dan cuenta de un alto grado de comprensión de esta entidad conceptual compleja, la neoplasia. Especialmente en términos de la construcción de conocimiento biológico. Consideramos que la capacidad de utilizar varios modos comunicativos relacionados, demuestra una buena conjugación del “mundo de los hechos” donde observamos fenómenos, del “mundo de los modelos y teorías” donde imaginamos lo que sucede y del “mundo de la simbología” donde dibujamos, hacemos maquetas o videos y explicamos los hechos y las ideas (Gómez Galindo, 2011). Conjugación necesaria para el proceso cognitivo de modelización de nociones abstractas. La apropiación y puesta en juego de por lo menos nueve de las once categorías conceptuales descritas para neoplasia evidencia la generación de un pensamiento abstracto sobre el fenómeno de neoplasia, que ciertamente les permitió reinterpretar, predecir, ver y hablar sobre hechos de la vida cotidiana desde una perspectiva biológica. Algunos grupos mostraron menores potencialidades explicativas, ya que reunieron tan sólo algunas representaciones proposicionales agrupadas sin vínculos de sentido o funcionalidad. Esto evidenció un dominio mínimo de las nociones implicadas y sus funcionalidades predictivas por parte de los grupos que mostraron una argumentación más estrecha de los fenómenos involucrados. Queda pendiente definir de qué factores específicos dependen unos procesos de aprendizaje y otros. Es parte de posteriores estudios elaborar herramientas de indagación que permitan discernir claramente el grado de potencialidad de las diferentes actividades en una secuencia, para lograr un aprendizaje más complejo en el proceso de modelización progresivo hacia la construcción de modelos conceptuales en la formación de grado

## Referencias

- ALONSO, D. **El desafío del cangrejo. Avances en el conocimiento prevención y tratamiento del cáncer.** Colección: Ciencia que ladra. Buenos Aires: Siglo XXI Editores, 2010.
- ARIAS, A. O.; FARINA, J.; MORA, N.J.; NAVARRO VENEGAS, J.I., PRIEGUE, A. y RASSETTO, M. Enfoque sistémico para la enseñanza de la Biología Humana en la carrera de Psicología. **IV Jornadas de Intercambio de Enseñanza de la Biología.** ADBIA, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 2012.
- EDUARDO GARCÍA, J. **Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares.** Sevilla: Diada Editora.1998.
- GALAGOVSKY, L. y ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias,** 19 (2), 2001, p. 231-242.

GARCÍA ROVIRA, M.P. Los modelos como organizadores del currículo en biología. **VII Congreso, Enseñanza de las Ciencias, Número extra**, 2005. Pp. 1-6.

GIERE, R. **La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo**. México: Ciencia Básica, 1992.

GÓMEZ GALINDO, A.A. Capítulo 3, El uso de representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares. En **Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes**, Merino C.; Arellano, M. y Adúriz-Bravo, A. Editores. 1ª Ed., Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2014, pp. 52-62.

GÓMEZ GALINDO, A.A. Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. **Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**. Núm. 31.1, 2013, pp. 11-28.

GÓMEZ GALINDO, A.A. La enseñanza de la biología en educación básica: Modelización y construcción de explicaciones multimodales. **Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. Edición Extra-Ordinaria**, 2011. pp. 521- 532.

GÓMEZ GALINDO, A.A.; SANMARTÍ, M. y PUJOL R.M. Fundamentación Teórica y Diseño de una Unidad Didáctica para la Enseñanza del Modelo Ser Vivo en la Escuela Primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, 25(3), 2007, pp. 325–340.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P. **Metodología de la Investigación**. Cuarta Edición McGraw-Hill Interamericana, 2007.

IZQUIERDO, M. (ed.) Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Número Extra, 1999. Pp. 1-6

JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental Models**. Cambridge, M.A., Harvard University Press, 1983.

JOHNSON-LAIRD, P.N. **Modelos en Ciencia Cognitiva**. In Norman, D. (ed.). Perspectivas de la ciencia cognitiva. Ed. Paidós. Barcelona, 1987.

MAYR, E. **Por qué es única la biología**. Katz Editores. Buenos Aires, 2006.

PRIEGUE, A. C.; ARIAS, A.; NAVARRO VENEGAS, J.I.; FARINA, J.; MORA, N. y RASSETTO, M. Conceptos previos sobre Biología en ingresantes a la carrera de Psicología de la Universidad Nacional del Comahue. **X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología**. ADBIA y Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales. Villa Giardino, Córdoba, 2012.

TAMAYO ALZATE, O. E. Modelos y Modelización en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias. **IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Girona, 2013, pp. 3484- 3487.

TAMAYO ALZATE, O. E. Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. **Educación y Pedagogía**, Vol. 8 (45), 2006, pp. 37-49.