



Revista Eureka sobre Enseñanza y  
Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la  
Ciencia: EUREKA  
España

Artola, Eugenia Cristina; Mayoral, Liliana Esther; Benarroch, Alicia  
Dificultades de aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas asociadas a  
biología de poblaciones en estudiantes de educación secundaria. Un estudio semiótico  
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 13, núm. 1, enero,  
2016, pp. 36-52  
Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA  
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92043276004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Dificultades de aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas asociadas a biología de poblaciones en estudiantes de educación secundaria. Un estudio semiótico

Eugenia Cristina Artola <sup>1</sup>, Liliana Esther Mayoral, Alicia Benarroch <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad nacional de cuyo (UNCuyo) y universidad de Mendoza (Argentina). [ecartola@hotmail.com](mailto:ecartola@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidad de Granada (España). [aliciabb@ugr.es](mailto:aliciabb@ugr.es)

[Recibido en enero de 2015, aceptado en noviembre de 2015]

Los alumnos de Educación Secundaria presentan dificultades en el uso e interpretación de las Representaciones Gráficas Cartesianas (RGC), consideradas centrales para la enseñanza y aprendizaje de los procesos dinámicos en las ciencias biológicas en general y de la Biología de Poblaciones (BP) en particular. Desde la concepción de las RGC como sistemas semióticos, dichas dificultades son analizadas a través de las actividades cognitivas que caracterizan a toda representación, a saber, *formación, tratamiento y conversión*. La investigación se llevó a cabo en Mendoza, Argentina, y comprendió dos etapas; la primera, se centró en el diagnóstico de la interacción de los alumnos (13-14 años) con las RGC utilizadas para enseñar conceptos estructurantes de BP; y en una segunda etapa, se analizaron los resultados de la aplicación de una intervención didáctica centrada en las dificultades diagnosticadas en la fase anterior (alumnos de 16-17 años). Se advirtió que esencialmente las mayores dificultades se encuentran en las actividades ligadas a la semiosis de *tratamiento* y, sobre todo, de *conversión*, impactando en la construcción de los conceptos biológicos.

**Palabras claves:** representaciones gráficas cartesianas; biología de poblaciones; intervención didáctica; educación secundaria; semiótica.

## Learning difficulties of cartesian graphic representations associated with population biology in high school students. A semiotic analysis

High school students present difficulties using and interpreting the information provided by Graphical Representations Cartesian (RGC), consider these central to the teaching and learning at the dynamical processes at biological sciences in general and Population Biology (BP) in particular. From the conception of the RGC as semiotic systems, such difficulties are analyzed through cognitive activities that characterize any representation, namely, *training, treatment and conversion*. The research was carried out in Mendoza, Argentina, and comprised two stages; the first, held the diagnosis of student interaction (13-14 years) with RGC used to teach structural concepts BP; and in a second stage, the results of applying a teaching Intervention centered on the difficulties diagnosed in the previous phase are analyzed (students aged 16-17). It was noted that essentially the greatest difficulties found in the activities linked to semiosis about *treatment* and *conversion*, impacting on the construction of biological concepts.

**Keywords:** graphical representations cartesian; population biology; didactic intervention; high school; semiotics.

**Para citar este artículo:** Artola, E.C., Mayoral, L.E. y Benarroch, A. (2016). dificultades de aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas asociadas a biología de poblaciones en estudiantes de educación secundaria. Un estudio semiótico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 36-52. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/10498/18012>

## Introducción

El proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología es una tarea compleja. Aprenderla en la escuela requiere poder comprender e interpretar fenómenos que suelen manifestarse a los ojos del profano como confusos, mágicos o simples, pero que desde las bases de la ciencia son algo más que sencillas apariencias. La explicación, descripción, fundamentación de cada uno de esos fenómenos involucra el lenguaje. En Biología, no se suelen describir los sistemas biológicos en términos de objetos que obedecen leyes inmutables, sino que se caracteriza por principios fundamentales y conceptos como el de unidad, diversidad, evolución, continuidad, homeostasis e interacciones. En este caso, el lenguaje es natural y también icónico, se utilizan diferentes representaciones gráficas (Postigo y Pozo, 1999) como fotografías, diagramas, ilustraciones, gráficas cartesianas, ecuaciones, etc., que son usadas como herramientas para comunicar ideas y fenómenos. A través del lenguaje visual, se incorpora a nuestra estructura

cognitiva la información que facilita las descripciones y la construcción del conocimiento (Gómez Llombart y Gaviria Catalán, 2015).

La representación gráfica ha sido fundamental en el desarrollo de las Ciencias Naturales (Grilli, Laxague y Barboza, 2015) y en su enseñanza, caracterizada por la manipulación y control de los fenómenos naturales. Las representaciones en general, y las Representaciones Gráficas Cartesianas (RGC) en particular, pueden ser muy útiles para expresar y comunicar las relaciones entre dos o más variables (Jiménez Tejada, 2009), analizar su variación (Arias, Leal y Organista, 2011), así como la transformación de significados cuando se opta por distintas escalas o niveles organizacionales. El uso e interpretación de gráficas es importante en el desarrollo de la competencia científica; este conocimiento científico y el uso que se hace del mismo, induce no sólo la adquisición de nuevos conocimientos, sino la formación integral de los estudiantes (Jorge y Márquez, 2009). En esta formación se estructuran representaciones, identificaciones, métodos y actitudes, impactando en el plano cognitivo y en lo socio-afectivo, conformando cambios cualitativos más o menos profundos (Díaz de Kóbila, 2003, citado en Gorodokin, 2006).

La Biología de Poblaciones (BP) se sostiene en una serie de conceptos, procedimientos y actitudes que impactan de modo muy directo en la construcción de competencias vinculadas con el accionar del ciudadano en su interacción con el medio ambiente. La dinámica de las poblaciones y con ello la de las comunidades ecológicas y su evolución, se puede representar mediante modelos matemáticos en los cuáles se relacionan variables, como por ejemplo los cambios en el tiempo y en el espacio del número de individuos, y la estructura genética de poblaciones o la composición de especies en comunidades biológicas. Por ello se hace necesario desarrollar no sólo el dominio de dichos conceptos, sino también la habilidad de representarlos utilizando diferentes formas (Arias *et al.*, 2011) entre las que se destacan las RGC, ya que constituyen una forma habitual de comunicación científica y una herramienta útil para el trabajo didáctico (García, 2005).

En el proceso de enseñanza aprendizaje de conceptos biológicos, frecuentemente los estudiantes han de manejar y comunicar información a partir de gráficas, y un ciudadano promedio debe estar capacitado para su interpretación (Guzmán, 1984, citado en García, 2005). Por ejemplo, comprender el impacto ambiental provocado por la introducción de una especie nueva o la eliminación de una existente, está ligado al desarrollo de funciones cognitivas relacionadas a la semiosis (según el sentido de Duval, 1999), pues el proceso o acto comunicativo es omnipresente en este caso, mediante distintos recursos gráficos destacándose las RGC. “Es así como a través de las diferentes investigaciones y conclusiones sobre las gráficas cartesianas se resalta la importancia de una enseñanza en las ciencias que promueva el aprendizaje del análisis e interpretación correcta de sus datos” (Arias *et al.*, 2011, p.110).

Diversos estudios sobre las representaciones en el campo de la Didáctica de la Biología, Física y Química, advierten que los estudiantes manifiestan conflictos en la interpretación y en el uso de la información suministrada en diferentes representaciones gráficas así como en su construcción (García, 2005; García y Perales, 2006; Pozo y Flores, 2007; Font, Acevedo, Castells y Bolite, 2008; Suárez y Cordero, 2008; Galagovsky, Di Giacomo y Castelo, 2009; Adúriz Bravo, 2010; Chamizo, 2010; Matus, Benarroch y Nappa, 2011; Álvarez Tamayo, 2011 y Solar, Deulofeu y Azcárate, 2015).

En el modelo constructivista, los conceptos estructurantes de Ecología como población, comunidad y especie, son característicos y se pueden calificar de “irreducibles” (Izquierdo Aymerich y Adúriz Bravo, 2003). Jiménez Tejada, Sánchez Monsalve y González García (2013), afirman que los alumnos tienen dificultades para diferenciarlos, lo que puede influir junto con los modelos matemáticos en la deficiente comprensión de la dinámica de

poblaciones. El mundo orgánico es tan matemático como el inorgánico (Thompson, 1917, citado en Plaza y Pobrete, 2010) y muchas de las dificultades del aprendizaje de la Biología podrían estar vinculadas a la enseñanza de la misma, más que al desarrollo cognitivo de los alumnos. Lo ideal sería que los conceptos matemáticos ayudaran a comprender los fenómenos estudiados en la clase de Biología y que éstos a su vez enriquecieran a los primeros. Sin embargo, existe una falta de interconexión entre Matemática y Biología y ello puede acarrear dificultades en el proceso cognitivo, pues al estudiante no se le presentan los conocimientos de las diferentes áreas de manera holística sino desagregada (Jiménez Tejada, 2009, p. 97).

Preguntarnos por las dificultades que surgen en las interacciones con las RGC implica encontrar los instrumentos de análisis de las mismas, con indicadores específicos que permitan un análisis lo más objetivo posible. Por ello, la selección del tipo de representación gráfica más adecuado y de la información necesaria para iniciar el aprendizaje vinculado a los conceptos de BP, que favorecen a la construcción de representaciones mentales apropiadas para vencer los obstáculos epistémicos, serán resultado de responder preguntas como:

- Los estudiantes que resuelven interacciones con RGC, ¿generan mejores capacidades para la construcción del conocimiento en BP?
- A medida que se modifica la RGC, incrementando la información suministrada, ¿se benefician las actividades semióticas subyacentes?
- ¿Qué dificultades encuentran los estudiantes de Educación Secundaria cuando se utilizan RGC para enseñar dichos conceptos?
- ¿Se podrían aminorar dichas dificultades si se utilizan secuencias de enseñanza-aprendizaje específicamente diseñadas para ello?

En base a estos cuestionamientos y teniendo en cuenta que en la Educación Secundaria argentina las disciplinas que conforman el área de Ciencias Naturales deben contribuir a la formación de capacidades para resolver problemas de impacto ambiental, de análisis e interpretación de la evolución, cambio y equilibrio; y que los estudiantes generan mejor aprendizaje cuando logran sumergirse en el conocimiento amplio y profundo de un caso biológico determinado (Jiménez Tejada, 2009) vinculado a las RGC; definimos los siguientes objetivos para la investigación:

- Diagnosticar las dificultades cognitivas que presentan los estudiantes de 12-14 años en el uso, construcción e interpretación de las RGC utilizadas en la enseñanza de la BP.
- Indagar el efecto que una intervención didáctica, específicamente diseñada sobre las dificultades de aprendizaje identificadas en el objetivo anterior, tiene sobre el aprendizaje de conceptos específicos de BP.

## **Análisis y aprendizaje de las representaciones gráficas**

Abordar las diversas dimensiones que inciden en la BP requiere una mirada interdisciplinar, pues en ella conviven sus conceptos junto a la Semiótica, la Epistemología de la Biología e Historia de la Ciencia; la Psicología cognitiva y la Didáctica de las Ciencias (Matus, Benarroch y Perales, 2008; Álvarez Tamayo, 2011). Dos grandes ideas sostienen a la Biología moderna, la primera sustenta que todas las teorías biológicas se basan en conceptos y la segunda es la idea de cambio que implica la evolución de los seres vivos (Mayr, 2006; Jiménez Tejada, 2009). En el primer caso, la complejidad de los sistemas vivientes evidencia los grupos de propiedades en diferentes niveles de integración, de cuyo análisis emergen aportes para la comprensión de los sistemas. Pensar analíticamente no refiere a enfoques reduccionistas, sino por el contrario a estudios holísticos. El

concepto de biopoblación (Folguera y Marcos, 2013) señala la diferencia, puesto que incluye la noción de individuo como único, mientras que las poblaciones no difieren en sus esencias sino en los valores medios estadísticos. Los procesos biológicos están sometidos a una causación dual: programas genéticos e interacciones con el ambiente (Jiménez Aleixandre, 1990; Tamayo Hurtado, 2004), por lo tanto se torna objeto de estudio la población biológica en términos de biodiversidad, evolución y biología ambiental. Y en este interactuar, es muy frecuente el uso de RGC en BP, permitiendo analizar las poblaciones desde diferentes parámetros como la variabilidad, la densidad y la estabilidad (Berryman, 2002; Camus y Lima, 2002; Schaefer, 2006); y desde una visión demográfica (Jiménez Tejada *et al.*, 2013), analizando los diferentes aspectos o características que las regulan como: la distribución espacial, las relaciones tróficas, la natalidad, la mortalidad, la supervivencia, el crecimiento y las relaciones intra e interespecíficas.

Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, las representaciones son consideradas como cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o de nuestro mundo interior (Tamayo Alzate, 2006). La construcción de las funciones cognitivas y en especial la función de conocer o representar lo propio, es un proceso cultural mediado por nuevos sistemas de representación y conocimiento (Pozo, 2003). El acceso al conocimiento es una propiedad compleja, derivada de la evolución de las formas de organización de la materia y del desarrollo de sistemas culturales de gestión del conocimiento que posee también una complejidad creciente. Para el logro de un aprendizaje, el sistema de información debe propiciar la construcción de representaciones del mundo y además facilitar los procesos de ajuste de los contenidos de esas representaciones a la información dada. En este sentido la adquisición de conocimiento se enmarca en la producción y transmisión de representaciones mentales explícitas mediadas por el uso de sistemas culturales o externos de representación (Pozo, 2003).

Para Liben y Downs (1992), (citado en Postigo *et al.*, 1999), una representación gráfica es algo compuesto de marcas que pueden ser puntos, líneas, sombras, colores, etc., sobre una superficie bidimensional de tal manera que las marcas conllevan un significado a través de las propiedades de su disposición espacial en la superficie (tamaño, forma, densidad y distribución). El dispositivo espacial está diseñado para representar algún referente, sea real o imaginado y, dentro de los diferentes formatos gráficos (diagramas, gráficas, mapas e ilustraciones), se advierten distintas funciones, como captar la atención, introducir un contenido conceptual, presentar una serie de datos, simplificar la información, etc.

## Semiosis y representaciones gráficas cartesianas

Diversos autores como Winn (1989) y Levin (1981, 1989), (citados en Postigo *et al.*, 1999); y Levie y Lentz (1982); Reid (1990); Carney y Levin (2002), (citados en González y Barbeito, 2011), realizan una categorización de las funciones del material gráfico atendiendo a los aspectos cognitivos. El trabajo en aula con los gráficos en definitiva favorece el desarrollo de funciones cognitivas como el *acceso*, la *percepción* y la *comunicación-expresión* y sus respectivas dimensiones como por ejemplo la *identificación*, *organización* e *interpretación*, entre otras (Postigo *et al.*, 1999). Estas tareas, que los alumnos deberían realizar para las que se requieren gráficos con distintas características, se muestran en la Tabla 1.

En términos de Duval (1999), se considera a la semiosis como la aprehensión o la producción de una representación semiótica y noesis a los actos cognitivos como la aprehensión conceptual de un objeto, la discriminación de una diferencia o la comprensión de una inferencia. Parecería que semiosis y noesis fueran independientes una de otra, sin embargo las representaciones semióticas son necesarias para el desarrollo de la actividad matemática misma, la posibilidad de efectuar transformaciones sobre los objetos matemáticos depende directamente del sistema de representación semiótico utilizado, es decir, el proceso de producción de representaciones

externas es el que posibilita la comprensión y clarificación de la representación mental interna (Tamayo Alzate, 2006). Duval (1999) postula que para que un sistema semiótico, en este caso una RGC, pueda ser un registro de representación, debe permitir la vinculación entre semiosis y noesis a través de tres actividades cognitivas fundamentales: *Formación*, *Tratamiento* y *Conversión*.

**Tabla 1.** Funciones cognitivas potenciadas, sus respectivas dimensiones y características de los gráficos (según Postigo *et al.*, 1999).

Funciones cognitivas potenciadas	Dimensiones	Características de los gráficos
<b>Acceso</b>	Identificación	Presentan signos que representan la realidad favoreciendo la referencia a conceptos.
	Interpretación	Presentan signos y símbolos que ayudan a acceder a contenidos abstractos, pueden apelar a analogías y/o metáforas.
<b>Percepción</b>	Organización	Presentan coherencia y organización expresando relaciones entre los conceptos centrales, pudiendo tener vinculación con el texto.
	Vinculación	Presentan una relación entre los diferentes conceptos favoreciendo un procesamiento secuencial de la información.
<b>Comunicación-Expresión</b>	Transformación	Portan señales que demandan la elaboración de síntesis conceptuales, de explicaciones que no solamente favorecen la función ilustrativa del gráfico sino que complementan y enriquecen la información portada por el mismo.
	Solución de problemas	Presentan la resolución del problema con vínculo a la comunicación oral o escrita. Se vinculan a los procesos de predicción tanto como a los de formulación de explicaciones provisionales.

- *Formación* de la representación, consiste en acciones que permiten hacerla identificable como un símbolo de un registro dado. Para conseguir la formación de cualquier tipo de representación, se debe llevar a cabo una selección de rasgos y de datos en el contenido por representar para poder dilucidar, explicar y predecir una determinada situación; tal selección depende de unidades y reglas de formación que son propias del registro semiótico en el cual se produce la representación.
- *Tratamiento* de la representación, esto es, la transformación de la representación realizada en el mismo registro en que ha sido formulada.
- *Conversión* de la representación es la transformación de la representación en una representación de otro registro, conservando la totalidad o una parte solamente del contenido de la representación inicial.

Las tareas de producción de una respuesta, sea un texto o una representación gráfica, movilizan al mismo tiempo la *formación* de representaciones semióticas y su *tratamiento*. Así mismo las tareas de comprensión pueden movilizar las tres actividades fundamentales, sin embargo existen reglas de funcionamiento propias a cada una de ellas que dependen de los sistemas semióticos utilizados. La actividad de *tratamiento* produce una expansión informacional y las reglas para tal -denominadas reglas de derivación- provienen de la lógica al ser comunes a todos los razonamientos deductivos (Duval, 1999). Por ejemplo en el campo de la BP puede manifestarse cuando los estudiantes ante el análisis de dos poblaciones diferentes (que comparten un tiempo, un espacio y poseen una misma fuente alimentaria), pueden deducir la representación gráfica, la simbólica o la verbalización que representaría la dinámica en un tiempo estimado según el planteamiento dado.

La traducción, ilustración, transposición, interpretación o codificación son operaciones que ejemplifican a la *conversión*. La RGC de los datos del enunciado de un problema es la *conversión* de la expresión lingüística en el registro de una escritura gráfica. Por ejemplo, si se brinda un texto conteniendo datos sobre las variaciones de una población provocadas por migraciones, mortalidad, natalidad, a lo largo del tiempo, y se solicita su RGC. Como el contenido de la representación obtenida puede cubrir en forma parcial el de la representación de partida, generalmente se realizan actividades de selección y reorganización previas a la de *conversión*.

Distinguir estas tres actividades de la semiosis es esencial para el análisis cognitivo de las tareas como también para el de las condiciones de un aprendizaje conceptual. De la relación entre las actividades propuestas por Duval (1999) con las dimensiones de las funciones cognitivas planteadas en la Tabla 1, emergen características comunes y vinculantes que permiten establecer que la función cognitiva de *acceso* desde la identificación, la interpretación, el análisis y la vinculación, favorecen la actividad semiótica de *formación*. Mientras que la *percepción* y la *comunicación-expresión* son funciones cognitivas que impactan en las actividades semióticas de *tratamiento* y *conversión*.

Caracterizar estas dimensiones permite revisar y recuperar las actividades propias a cada procedimiento y dar origen a indicadores que favorecen el análisis de la construcción semiótica que realiza un individuo al interactuar con una RGC. Las actividades seleccionadas por el docente para tal fin estarán relacionadas por ejemplo, a distinguir el número, tipo y valores de las variables en una RGC, permitiendo su *identificación*, que en conjunto a actividades de clasificación y ubicación de sus variables, hacen referencia a su *interpretación*. En la Tabla 2 se muestran estos indicadores y su vínculo correspondiente a las funciones cognitivas y a las actividades semióticas; los cuales fueron utilizados en esta investigación.

**Tabla 2.** Actividades ligadas a la semiosis, funciones cognitivas, dimensiones e indicadores (Elaboración propia a partir de Duval, 1999; Postigo *et al.*, 1999 y García, 2005).

VARIABLES			
Actividades ligadas a la semiosis	Funciones cognitivas	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Formación</b>	Acceso	Identificación	Número de variables ( <b>NV</b> )
			Tipo de variables ( <b>TV</b> )
			Valores de las variables ( <b>VV</b> )
		Interpretación	Clasificación de las variables ( <b>CIV</b> ) Ubicación de las variables ( <b>UV</b> ) Asignación de título ( <b>AT</b> )
<b>Tratamiento</b>	Percepción	Análisis	Extrapolación de variables ( <b>EV</b> ) Comparación de variables ( <b>CV</b> )
		Análisis y vinculación	Reconocimiento del comportamiento de las variables ( <b>RV</b> )
			Clasificación de la relación entre las variables ( <b>CRV</b> )
	Comunicación-Expresión	Aprendizaje secuencial	Reconocimiento de las unidades ( <b>RU</b> )
			Reconocimiento de escalas ( <b>RE</b> )
			Reconocimiento de patrones y tendencias ( <b>RPyT</b> )
		Solución de problemas	Comprensión del problema ( <b>CP</b> ) Resolución ( <b>RP</b> ) Emisión de la respuesta ( <b>ER</b> )

**Tabla 2.** (Continuación)

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES
Actividades ligadas a la semiosis	Funciones cognitivas		
Conversión	Percepción	Organización	Determinación de la relación algebraica ( <b>RA</b> ) Establecimiento de la forma en que covarían las variables ( <b>CoV</b> )
	Comunicación-Expresión	Transformación	Transferencia de conceptos ( <b>TC</b> ) Conversión de representaciones ( <b>CR</b> )

## Metodología

El estudio realizado abarca tres ciclos lectivos (2011, 2012 y 2013) con estudiantes del Colegio José Vicente Zapata, en la ciudad de Mendoza, Argentina. La Tabla 3 describe las muestras implicadas:

**Tabla 3.** Muestras, documentos y contextos implicados en los sucesivos ciclos.

	Edad estándar de los estudiantes	Número de estudiantes	Clase de estudio	Documentos analizados
<b>Ciclo 2011</b>	13-14	30	Diagnóstico	Cuestionario (19 ítems)
<b>Ciclo 2012</b>	13-14	83	Diagnóstico	Cuestionarios: T1 (13 ítems) T2 (13 ítems)
<b>Ciclo 2013</b>	16-17	23	Intervencionista	Secuencia didáctica y evaluaciones (79 ítems)

Durante dos ciclos lectivos (2011 y 2012) se realizaron estudios exploratorios consistentes en la observación de clases y evaluaciones escritas.

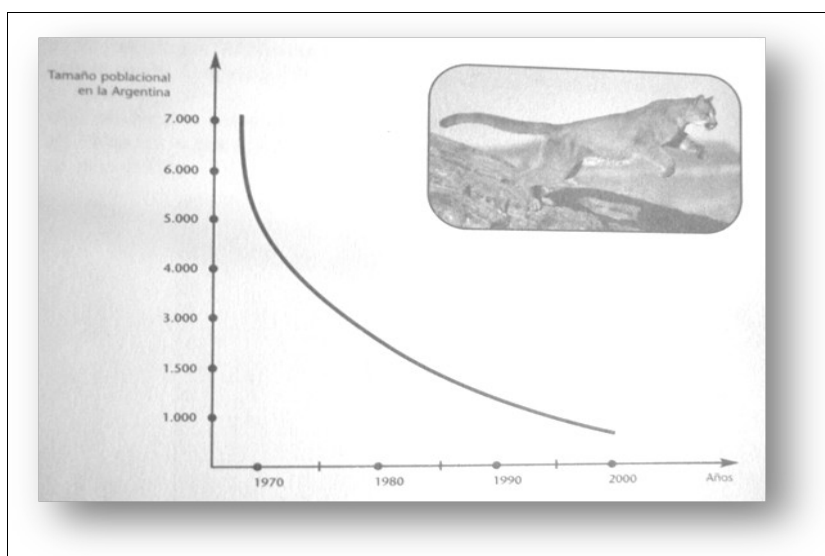
En el Ciclo 2011, el cuestionario analizado estaba conformado por tres secciones, cada una con un texto introductorio, una RGC y una serie de cuestiones referidas a conceptos de fisiología vegetal, etología y dinámica poblacional (Ver Anexo 1: [Archivo de Material Anexo](#)). Los estudiantes trabajaron en parejas para resolver las cuestiones planteadas y el docente actuó como un mediador activo. En la primera sección, por ejemplo se presentó el dibujo de estomas de una planta, una RGC de líneas y puntos que describía el grado de apertura de los mismos durante las distintas etapas del día, y 7 cuestiones. Para analizar el desempeño de los estudiantes respecto de las actividades semióticas, se caracterizó cada uno de los ítems como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Ejemplo de ítem propuesto en la primera sección, su respectivo indicador y la actividad semiótica correspondiente.

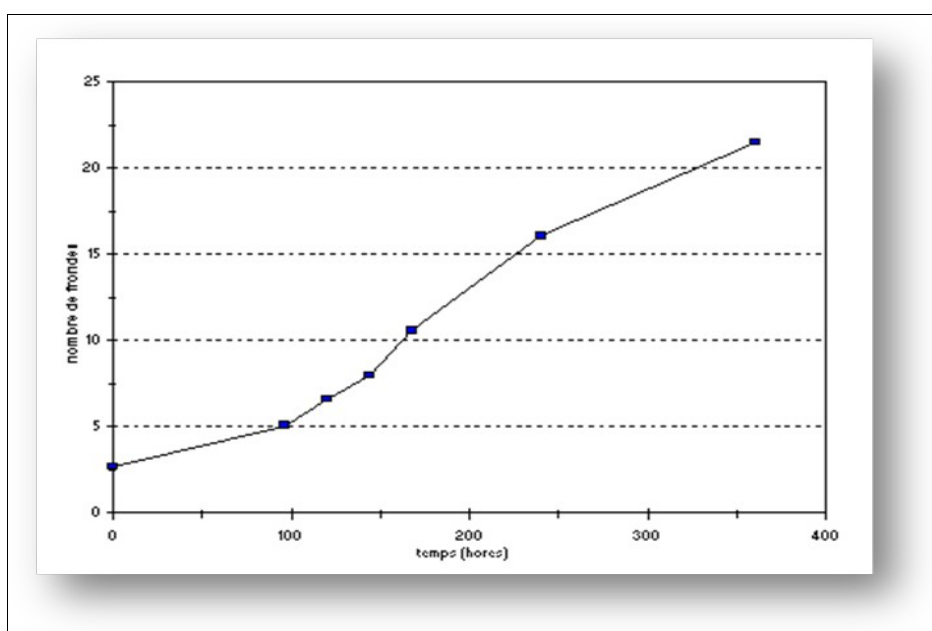
Ítem	Indicador	Actividad Semiótica
1. ¿En qué etapa del día los estomas permanecen cerrados?	Valores de las variables ( <b>VV</b> )	<i>Formación</i>



En el Ciclo 2012, se repitió la indagación, con el objetivo de ampliarla a un mayor número de estudiantes y de estudiar el impacto que hubieran podido generar los cambios curriculares de la educación primaria sobre las capacidades de los alumnos en el uso de las RGC. En este caso, el trabajo de aula analizado, propuesto por el docente, mostró una actividad evaluativa de cierre de un periodo escolar en el cual los alumnos resolvían de modo individual, teniendo acceso a los registros de el Archivo de Material complementario y al libro de texto escolar (Ver Anexo 2: [Archivo de Material complementario](#)). Del total de 83 alumnos intervinientes, 43 resolvieron un instrumento denominado T1 y 40 el T2. Las RGC aparecían acompañadas por un breve texto y en ambos casos representadas por una curva de dinámica de poblaciones centrando la diferencia entre ambos en el contexto: población de pumas (*Puma concolor*) para el T1 (Fig. 1) y de lentejas de agua (*Lemna minor*) para el T2 (Fig. 2).



**Figura 1.** RGC propuesta para el T1



**Figura 2.** RGC propuesta para el T2

En el Ciclo 2013, se hicieron efectivas las modificaciones curriculares introducidas por el Ministerio de Educación durante el año anterior y entre ellas, los conceptos vinculados a la

BP se proponen en la Educación Secundaria Orientada (Ley de Educación Nacional N° 26.206). A partir de esta realidad, se seleccionó una nueva muestra de estudiantes que cursaban cuarto año de Educación Secundaria (16-17 años) del mismo centro educativo, para aplicar una Intervención Didáctica que permitiera vislumbrar y fundamentar con mayor rigor el desempeño de los mismos. La primera desventaja, posiblemente emerge al tener que seleccionar estudiantes de edades diferentes a las anteriores muestras; la ventaja probablemente radique en que este alumnado había cursado los contenidos biológicos básicos según el anterior diseño curricular.

Por ello, se diseñó, validó e implementó una Intervención Didáctica (Secuencia Didáctica, Evaluaciones e Instrumento Pretest-Postest), que contuviera los niveles cognitivos de *acceso*, *percepción* y *comunicación-expresión*, sin descuidar el vínculo a la semiosis (Ver Anexo 3: [Archivo de Material Anexo](#)). Se centró en una población de aves muy frecuente en el ámbito cotidiano de los alumnos, el gorrión común (*Passer domesticus*), y se consideró con rigurosidad el comportamiento, características fisiológicas, estructurales, adaptativas y ecológicas de la especie en cuestión. Su elaboración condujo a producir diversos textos y RGC, que avanzaban en complejidad a través del proceso de aprendizaje, teniendo como meta el desarrollo de las capacidades en el marco del pensamiento ecológico y la apropiación de capacidades analíticas y de resolución de problemas como herramienta adecuada para la participación crítica y activa en ámbitos que presentan una permanente transformación tecnológica.

La Secuencia Didáctica constó de 14 textos relacionados al gorrión común (*Passer domesticus*) y 5 actividades de aplicación. Fue desarrollada en 6 sesiones entre mayo y junio de 2013, en un contexto natural de aula guiados por la profesora de Biología. La Tabla 5 muestra su estructura y características; y la Tabla 6, uno de sus ítems.

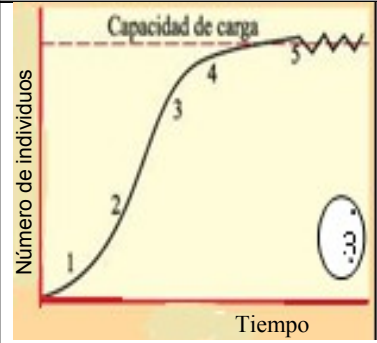
**Tabla 5.** Actividades de aplicación, contenidos, cantidad de RGC y de ítems de la Secuencia didáctica y Evaluaciones.

	Actividades de aplicación	Contenidos conceptuales	Contexto didáctico	Número de RGC	Número de ítems
	Introducción	Ecología	Modelo de Odum	0	0
<b>Primera parte</b>	N° 1	Conceptos de Ecología. Niveles tróficos	Características ecológicas y etológicas del gorrión común ( <i>Passer domesticus</i> ).	0	13
		Concepto de especie			
		Relaciones entre especies: ínterespecíficas. Hábitat.			
	N° 2	Concepto de especie. Relaciones entre especies: ínterespecíficas. Hábitat.	Las interacciones del <i>Passer domesticus</i> con otras poblaciones.	4	18
	Evaluación parcial	Conceptos de Ecología, especie. Poblaciones: modelo de crecimiento. Factores que modifican el crecimiento y la densidad.		5	8

Tabla 5. (Continuación)

	Actividades de aplicación	Contenidos conceptuales	Contexto didáctico	Número de RGC	Número de ítems
Segunda parte	Nº 3	Poblaciones: modelos de crecimiento. Factores que modifican el crecimiento, la densidad y la distribución.	Simulación de un censo poblacional. Hábitat. Requerimientos, adaptaciones y comportamiento de la especie <i>Passer domesticus</i> .	12	8
	Nº 4	Comunidad: concepto. Interacción entre poblaciones: diversidad.	Interacciones del <i>passer domesticus</i> con otras poblaciones. Introducción a la noción de nicho ecológico.	4	14
Tercera parte	Nº 5	Conceptos de Ecología, especie y evolución. Adaptaciones y estrategias reproductivas. Nicho ecológico y hábitat. Poblaciones: factores que modifican el crecimiento.	Características estructurales y de comportamiento de subpoblaciones de gorriones (ámbito rural y urbano).	1	6
	Evaluación trimestral	Poblaciones. Relaciones entre especies. Nicho ecológico y hábitat.		7	12

Tabla 6. Ejemplo de ítem de la secuencia didáctica vinculado a la *conversión*.

Ítem	Indicador										
<p>1.18.b. Existen cálculos teóricos que intentan representar de manera simplificada algunos fenómenos que ocurren en la realidad; esto permite hacer interpretaciones y predicciones.</p> <p>La curva del gráfico anterior representa el crecimiento de una población de gorriones con recursos ambientales disponibles sin límites: alimento, refugio, lugares de nidificación.</p> <p>Asocia cada número dado al tramo de la gráfica 3 con las expresiones correspondientes. Escribe el número en el casillero adecuado:</p>	Reconocimiento de patrones y tendencias (RPyT)										
	Comprensión del problema (CP)										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº del tramo</th><th>Expresiones explicativas</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>La tasa de crecimiento disminuye</td></tr> <tr> <td></td><td>La tasa de crecimiento alcanza un valor máximo</td></tr> <tr> <td></td><td>El crecimiento de la población es exponencial</td></tr> <tr> <td></td><td>La tasa de crecimiento se acelera</td></tr> </tbody> </table>	Nº del tramo	Expresiones explicativas		La tasa de crecimiento disminuye		La tasa de crecimiento alcanza un valor máximo		El crecimiento de la población es exponencial		La tasa de crecimiento se acelera	Conversión de representaciones (CR)
Nº del tramo	Expresiones explicativas										
	La tasa de crecimiento disminuye										
	La tasa de crecimiento alcanza un valor máximo										
	El crecimiento de la población es exponencial										
	La tasa de crecimiento se acelera										
	Emisión de la respuesta (ER)										

El diseño experimental aplicado es un diseño cuasiexperimental del tipo Pretest-Posttest con grupo de control no equivalente, dado que la regla de asignación a los grupos no es conocida, pues se trata de grupos ya formados. Es uno de los diseños más utilizados en Ciencias Sociales. Podría simbolizarse como (Cook y Campbell, 1979):

$$\frac{O_1 \times O_2}{O_1 \quad O_2}$$

Donde se indica que hay dos grupos, uno, el grupo experimental, referido en la parte superior de la línea, que ha experimentado tratamiento X. El segundo grupo, llamado grupo control, referido en la parte inferior de la línea, no experimenta tratamiento alguno.

El grupo experimental fue un grupo de estudiantes de 4° curso de Educación Secundaria (4°3°), mientras que el grupo control, fue otro grupo (4°5°) del mismo establecimiento educativo que permanecía bajo las enseñanzas habituales de su profesora. Un cuestionario Pretest-Postest fue aplicado a ambos grupos para evaluar los efectos de la Secuencia Didáctica.

Respecto al cuestionario Pretest-Postest, constó de un texto introductorio sobre las distintas denominaciones del ave *Zonotrichia capensis*, y una RGC de líneas comparativas (Fig. 3), que describe un hipotético estudio sobre su densidad de población y sus diferentes denominaciones según la región argentina en que habita: *chingolo* en la Patagonia, *cachilo* en la región Este y *marumbé* en el Litoral. Luego se enunciaron 17 cuestiones, las cuales podían responderse mediante tres opciones de respuestas siguiendo la escala Likert: 1 (en desacuerdo), 2 (ni acuerdo, ni desacuerdo), o 3 (en acuerdo). Cada ítem se definió intencionalmente teniendo en cuenta las funciones cognitivas, las actividades ligadas a la semiosis, las dimensiones y los indicadores que figuran en el Tabla 2. Tuvo buenas características psicométricas (Alfa de Cronbach: 0,761) y fue el resultado de un proceso de validación en el que participaron siete expertos internacionales en la materia. La Tabla 7 ejemplifica el ítem 1 propuesto para la actividad semiótica de *formación*, a través del indicador: número de variables (NV).

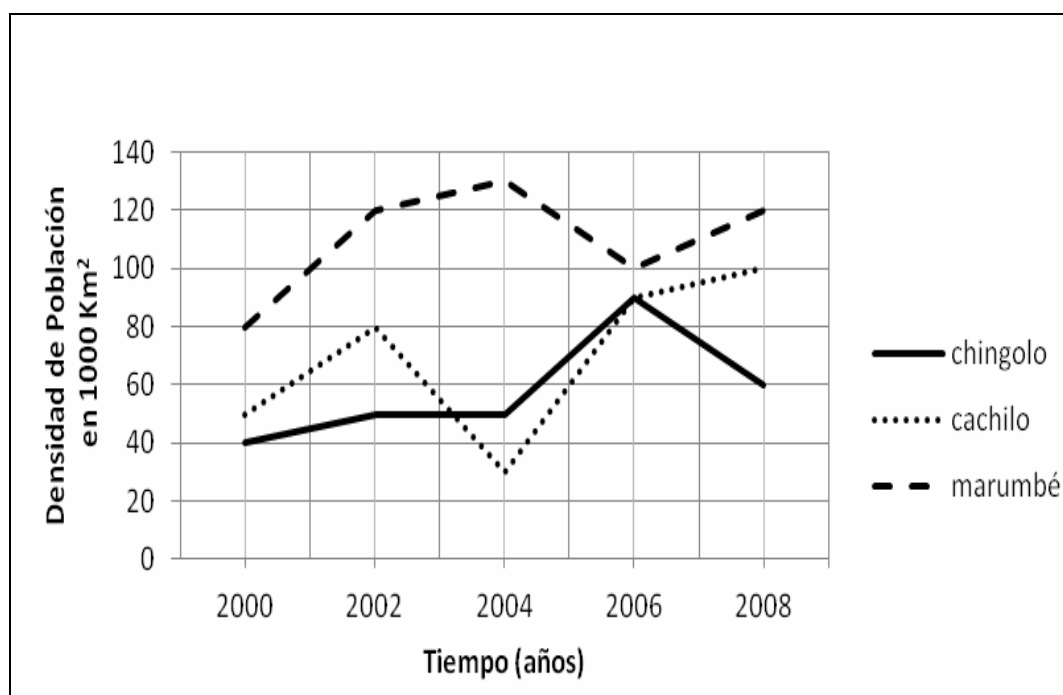


Figura 3. RGC propuesta en el instrumento Pretest-Postest.

**Tabla 7.** Ítem 1 del instrumento Pretest- Postest.

Marca sólo un número en cada una de las respuestas:

1.La cantidad de variables que puedes observar en la gráfica es igual a:	
a) Tres	1 – 2 – 3
b) Cuatro	1 – 2 – 3
c) Dos	1 – 2 – 3

## Resultados y Discusiones

### Ciclos lectivos 2011 y 2012

En el ciclo 2011, el análisis del instrumento utilizado, con sus tres secciones, reveló que el 54% de las cuestiones contempladas implicaban actividades ligadas a la *formación*, el 32% al *tratamiento* y sólo el 14% a la *conversión*. Se observó que los estudiantes podían leer exitosamente las RGC que presentaban datos en ambos ejes pudiendo luego responder preguntas que asociaban la información dada por la gráfica con funciones biológicas específicas. La mayor dificultad dentro de la actividad de *formación*, se observó cuando debían completar la estructura de la gráfica.

En los instrumentos utilizados en el ciclo 2012, T1 y T2, la actividad de *formación* ocupó el 60%, y las de *tratamiento* y *conversión*, el 20% cada una. Se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 8 para el desempeño de los estudiantes en cada uno de los instrumentos propuestos.

**Tabla 8.** Porcentajes ponderados de desempeño de los estudiantes para los instrumentos T1 y T2 (Ciclo 2012).

Actividades ligadas a la semiosis	T1		T2	
	Respuestas correctas	Respuestas incorrectas	Respuestas correctas	Respuestas incorrectas
<b>Formación (60%)</b>	34%	26%	33%	27%
<b>Tratamiento (20%)</b>	7%	13%	14%	6%
<b>Conversión (20%)</b>	4%	16%	2%	18%
<b>Total (100%)</b>	100%		100%	

Para comprender los porcentajes de desempeño de los estudiantes, en la Tabla 9 se presenta una comparación entre los ciclos lectivos 2011 y 2012.

**Tabla 9.** Porcentajes de desempeño correcto de los estudiantes en la resolución de las tareas asociadas a cada una de las actividades ligadas a la semiosis.

Actividades ligadas a la semiosis	Ciclo lectivo 2011		Ciclo lectivo 2012	
			T1	T2
	Respuestas correctas		Respuestas correctas	Respuestas correctas
<b>Formación</b>	57%		56%	55%
<b>Tratamiento</b>	66%		35%	70%
<b>Conversión</b>	2%		20%	10%

Este estudio permite corroborar que los alumnos presentaron variados grados de dificultad en el uso de las RGC. En la actividad de *formación* (el *acceso* a la gráfica, su interpretación con la correspondiente identificación de las variables y el análisis y vinculación) no se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de resolución entre grupos de trabajo. En cambio, en el establecimiento de relaciones, en su comparación, en la articulación con el reconocimiento de las variables y en la clasificación de la relación, es decir en las actividades de *tratamiento* y *conversión*, hubo diferencias notables. En todos los casos, las mayores dificultades se centran en la actividad de *conversión*.

### Ciclo lectivo 2013

Para analizar los efectos de la Secuencia Didáctica, se acomete un análisis estadístico cuantitativo con el Programa SPSS (IBM SPSS Statistics 20) del instrumento aplicado tanto al grupo control como al grupo experimental en instancias Pretest-Postest. En una primera instancia se definieron 51 variables vinculadas a cada uno de los ítems que se ingresaron al paquete estadístico SPSS. Luego se las agrupó en 8 variables que acumulan los resultados globales y los resultados en cada una de las actividades semióticas tanto en el Pretest como en el Postest (“pre-total”, “pre-formación”, “pre-tratamiento”, “pre-conversión”, “pos-total”, “pos-formación”, “pos-tratamiento” y “pos-conversión”). Aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov se confirmó que se ajustaban a la distribución normal respecto a la media y la desviación típica, por lo que fueron susceptibles de pruebas paramétricas. Se aplicaron las pruebas T para la igualdad de medias y la de Levene para la igualdad de varianzas, y de este análisis resultó que:

- Los estudiantes del grupo experimental tuvieron resultados estadísticamente iguales a los del grupo control en el Pretest.
- En la instancia Postest, se confirmó la superioridad de la media del grupo experimental respecto del grupo control, en consecuencia se observó el efecto positivo global ejercido por la Intervención Didáctica.
- En el grupo control no hubieron diferencias entre los resultados Pretest-Postest correspondientes a cada actividad semiótica ni en los resultados globales. Estos resultados son concordantes con lo que cabría esperar de una muestra de estudiantes que no ha experimentado tratamiento alguno.
- En el grupo experimental la Intervención Didáctica ha sido efectiva para mejorar la capacidad de resolución en los ítems asociados a la actividad semiótica de *conversión* y los resultados globales del test, pero no tanto en los resultados de los ítems que conforman la de *formación* y *tratamiento*.

En la Secuencia didáctica, las intervenciones de búsqueda llevaron a sostener la mirada sobre la evolución de los estudiantes en la inserción y tratamiento de esta temática, que puede ser representada con la figura de un bucle, donde, en diversas oportunidades se advertía un avance, y también un retroceso en momentos donde aparentemente podían expresar habilidades y capacidades ya puestas en acción. Sin embargo, a veces por falta de conocimiento específico, como por ejemplo una localización geográfica, o dificultades vinculadas al razonamiento matemático, funciones cognitivas como la *percepción* o la *comunicación-expresión* no se identificaban en los alumnos.

## Conclusiones

Los instrumentos analizados en los ciclos lectivos 2011 y 2012 ponen de manifiesto que, como señaló Duval (1999), la enseñanza habitual de las RGC privilegia la *formación* y, en menor medida, el *tratamiento* de las representaciones semióticas, dejando a un lado la *conversión*. Es también en la actividad de *formación* donde los alumnos presentan su mejor desempeño, aunque se vislumbran dificultades en la interpretación de las RGC referidas a la ubicación y al reconocimiento del comportamiento de las variables.

Se puede concluir que en las actividades de *tratamiento* y, sobre todo, en la *conversión* se observan las mayores dificultades, lo cual puede asociarse a diferentes conflictos semióticos que se producen:

- provocados por el desconocimiento de los conceptos involucrados, manifestando una desvinculación entre el texto y la actividad propuesta (*tratamiento*),
- por la incorrecta vinculación de las gráficas con sus otras representaciones, como por ejemplo, con sus respectivas tablas de valores (*conversión*),
- provocados por la presentación de gráficas no tratadas anteriormente como ocurrió en este caso con las gráficas de líneas comparativas (*tratamiento*).

Al hacerlo así, esto es, al privilegiar un determinado registro semiótico sin favorecer la coordinación con otros, los conocimientos aprendidos quedan limitados a dicho registro. En este caso, los conocimientos aprendidos pueden presentar graves dificultades para ser movilizados o transferidos para ser usados en un contexto diferente a aquél en el que fueron aprendidos, y en consecuencia, se puede obstaculizar la adquisición de la competencia científica.

Podría afirmarse que ser competente es mostrar la capacidad de reorganizar lo aprendido y, sobre todo, transferirlo a nuevas situaciones y contextos. Esta concepción de competencia conlleva unos costes de aprendizaje elevados. En términos cotidianos, “no es lo mismo saber algo que saber aplicarlo en un contexto específico ni saber aplicarlo en nuevas situaciones” (Benarroch, 2010). La transferencia del conocimiento no es inmediata; implica previamente la abstracción del mismo, lo que requiere dotar al estudiante de las herramientas cognitivas necesarias para reflexionar, controlar y ejecutar mejor su conocimiento (metacognición). Las RGC son herramientas excepcionales para la transferencia del conocimiento, pero para que esto sea así, se debe fomentar la *conversión* de las representaciones, y por ende, la coordinación de diferentes tipos de registros semióticos.

La Secuencia didáctica implementada en el ciclo 2013 fue diseñada específicamente para mejorar la actividad semiótica de la *conversión*. Entre sus objetivos, figuraba “realizar *conversiones* de RGC referidas a las variaciones poblacionales”. Fue evaluada mediante un instrumento aplicado en instancias de Pretest y Postest tanto al grupo experimental como al grupo control. Se evidencia la efectividad de su aplicación, ya que en los resultados obtenidos se observa una diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo control tanto en los resultados globales como en la actividad semiótica de *conversión*, diferencia que no existía entre ambos grupos antes de la intervención. Se confirma con ello las inferencias de otros trabajos (García et al., 2006) que afirmaban que “una mayor frecuencia en el uso de ciertos tipos de representaciones permite a los estudiantes ejecutar mejor las tareas de interpretación de este tipo de representaciones.” (p. 255). En términos competenciales, la intervención didáctica favorece la transferencia del conocimiento y la aplicación del mismo en contextos novedosos.

Más allá de estos resultados, creemos que una aportación importante de este estudio es el instrumento de análisis mostrado en la Tabla 2, donde se relacionan las actividades ligadas a la semiosis, con las funciones cognitivas, las dimensiones y los indicadores de las cuestiones asociadas a las RGC. Este instrumento ha posibilitado en nuestro caso la caracterización de la actividad semiótica implicada en cada una de las cuestiones planteadas a los estudiantes sobre RGC asociadas a BP. No obstante, su utilidad se extiende más allá del contenido, pues es válido igualmente para analizar RGC asociadas a otros contenidos, ya sean físicos, químicos, biológicos, etc. Aunque la caracterización se realiza mediante indicadores específicos bastante objetivos, la garantía de la validez es una cuestión pendiente para futuros trabajos en los que pretendemos contrastar los resultados de su aplicación mediante expertos.

## Referencias Bibliográficas

- Adúriz Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. II Congreso Internacional en didácticas específicas, nº 248. Recuperado de: <http://www.udg.edu/portals/3/didactiques2010/guicadii/ACABADES%20FINAL/248.pdf>.
- Álvarez Tamayo, O. (2011). *Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto Transporte celular en estudiantes universitarios*. Tesis inédita de Maestría. Universidad de Manizales. Colombia
- Arias, C., Leal, L. y Organista, M. (2011). La modelación de la variación, un análisis del uso de las graficas cartesianas en los libros de texto de biología, física y química de secundaria. *Revista de Ciencias*, 15, 93-118.
- Benarroch, A. (2010). Aportes de la investigación en la enseñanza-aprendizaje de la química para afrontar los desafíos de la universidad del siglo XXI. *Revista Anual de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral*. Suplemento Especial 1, 14, 9-33.
- Berryman, A. (2002). Population: a central concept for ecology? *Oikos*, 97(3), 439-442.
- Camus, P. y Lima, M. (2002). Populations, metapopulations and the open-closed dilemma: the conflict between operational and natural populations concepts. *Oikos*, 97(3), 433-438.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26 - 41. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/9861>
- Cook, T. D. y Campbell, D. T. (1979). *Quasi-Experimentation Design and Analysis Issues for Fields Settings*. Chicago: Rand McNally.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Colombia: Universidad del Valle. Instituto de educación y pedagogía. Grupo de educación matemática.
- Folguera, G. y Marcos, A. (2013). El concepto de especie y los cambios teóricos en Biología. *Ludus Vitalis*, 21(39), 1-25.
- Font, V., Acevedo, J., Castells, M. y Bolite J. (2008). Metáforas y ontosemiótica. El caso de la representación gráfica de funciones en el discurso escolar. En P. Lestón (Ed.) *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 21. México, DF: Colegio Mexicano de Matemática Educativa A.C. y Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A.C.



- Galagovsky, L., Di Giacomo, M.A. y Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 1-22.
- García, J. (2005). *La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de Ciencias Experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- García, J. y Perales, F. (2006). ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, (2), 247 - 259.
- Gómez Llombart, V. y Gaviria Catalán, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 441-455. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/17601>
- González, N. y Barbeito, C. (2011). Taxonomía y funciones cognitivas de los materiales gráficos en los libros de texto de Histología. *Cs. Morfol*, 13, (2), 9-22.
- Gorodokin, I. (2006). La formación docente y su relación con la epistemología. Instituto de Formación Docente Continua San Luis. Escuela Normal Juan Pascual Pringues de la Universidad Nacional de San Luis.
- Grilli, J., Laxague M. y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 91-108. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/16926>
- Izquierdo Aymerich, M., y Adúriz Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Jiménez Aleixandre, M. (1990). Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 519-535.
- Jiménez Tejada, M. (2009). *Los conceptos de población y de especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Jiménez Tejada, M., Sánchez Monsalve, C. y González García, F. (2013). How Spanish primary school students interpret the concepts of population and species. *Journal of Biological Education*, 47(4), 232-239.
- Jorge, A. S., y Márquez, C. (2009). Evaluación de la competencia científica del alumnado de 4º de ESO según los ítems del Pisa. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1162-1166.
- Ley de Educación Nacional N° 26.206. (2007). Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, Consejo Federal de Cultura y Educación. Argentina.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales F. (2008). Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 153-176.
- Matus, L., Benarroch, A. y Nappa, N. (2011). La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 178 - 201.
- Mayr, E. (2006). *¿Porque es única la Biología?* Buenos Aires: Katz.
- Plaza, S. y Pobrete, V. (2010). Matemática en la salud. *Universidad de Chile*.
- Postigo, Y. y Pozo, J. (1999). *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*. Madrid: Santillana.

- Pozo, J. (2003). *Adquisición de conocimiento. Cuando la carne se hace verbo*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. y Flores, F. (Coords.) (2007). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado. 107-124.
- Schaefer, J. (2006). Towards muturation of the population concept. *Oikos*, 112 (1), 236- 240.
- Solar, H., Deulofeu, J. y Azcárate, C. (2015). Competencia de modelización en interpretación de gráficas funcionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 191-210.
- Suárez, L. y Cordero, F. (2008) Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación en un ambiente tecnológico. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*. 3(1), 51-58.
- Tamayo Alzate, O. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, 28(45), 37-49.
- Tamayo Hurtado, M. (2004). *Evolución de las teorías biológicas evolutivas en libros de textos de enseñanza en Chile*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.