

**UN ESTUDIO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA
SOBRE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS CARTESIANAS
APLICADAS A BIOLOGÍA DE POBLACIONES**

Artola, Eugenia Cristina
Mayoral Nouvelière, Liliana
Benarroch Benarroch, Alicia

Resumen

El uso de las representaciones gráficas cartesianas induce en alumnos de Educación Secundaria dificultades en la interpretación y en la descripción de la información representada. Se vislumbran puntos de dificultad en la construcción de este tipo de representaciones a partir de datos y conceptos contenidos en un texto. Este estudio analiza estas deficiencias en el área de la Biología y en particular en su aplicación a conceptos de Biología de poblaciones.

Abstract

The use of graphics representations cause trouble in High School students, to understand and to describe the information represented. It is glimpsed points of difficulty in the construction of these graphs from a text's data and concepts. This study analyze these deficiencies in the Biology area and specifically in its application in Population Biology contents.

Palabras clave: Representaciones gráficas. Biología de poblaciones. Educación Secundaria.

Key words: Graphics representations. Population Biology. High School

1. Introducción

En este trabajo se indaga sobre la enseñanza y aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas en el área de las Ciencias Naturales, especialmente en el sub-dominio de la Biología de poblaciones. La investigación se centra en las representaciones funcionales como recursos simbólicos que pueden utilizar los estudiantes de Educación Secundaria, en particular en el estudio de las representaciones gráficas dadas en una referencia cartesiana ortonormada o en diagramas cartesianos como sistemas de representación externos que interactúan con ellos. Frecuentemente cuando se tratan en Biología

conceptos que relacionan dos o más variables, se utilizan estos sistemas de representación, por ejemplo índices de morbilidad comparados; relaciones intra e interespecíficas en un ambiente determinado; índices de glucemia o de insulinemia en el transcurso de un tiempo dado; concentración de hormonas vegetales y su relación con el crecimiento; etc. Estudios anteriores (Pozo y Flores, 2007), relacionados con el tipo de representaciones gráficas, indican que la complejidad de la relación numérica establecida induce en los alumnos dificultades a la hora de interpretar y describir la información representada; o de construir la representación gráfica a partir de datos y conceptos brindados. Se desconoce cuál podría ser el grado de influencia de estas dificultades en la construcción de conceptos, cuando se trata en especial de Biología de poblaciones.

2. Marco teórico

Gráficas y funciones cognitivas

Desde la potencia que poseen las gráficas en general se justifica su análisis en el aprendizaje de diferentes conceptos en diversos campos. El *acceso*, la *percepción* y la *comunicación-expresión* son las funciones cognitivas principales potenciadas por los gráficos (Pozo, 2003). Liben y Downs (1992) y Levin (1989), citados por Postigo y Pozo (1999), realizan una categorización de estas funciones, con respecto al vínculo de sus indicadores con las posibles acciones de aprendizaje de un conocimiento. A su vez los indicadores son ilustrados por las dimensiones que detallan los tipos de gráficos respetando su estructura y funcionalidad; se caracterizan por señales contenidas en los gráficos que les brindan identidad y singularidad. El siguiente cuadro visualiza las funciones cognitivas potenciadas, los indicadores y las respectivas características que poseen los gráficos:

Funciones Cognitivas Potenciadas	Indicadores	Caracterización de los gráficos
Acceso	Identificación	Los gráficos presentan signos que representan la realidad (dibujos figurativos o fotografías) favoreciendo la referencia a conceptos.

	Interpretación	Los gráficos presentan signos y símbolos que ayudan a acceder a contenidos abstractos. Las ilustraciones pueden apelar a analogías y/o metáforas.
Percepción	Organización	La macroestructura del gráfico es coherente y organizada expresando relaciones entre los conceptos centrales, pudiendo tener vinculación con el texto.
	Vinculación	Puede presentar una relación entre los diferentes conceptos favoreciendo un procesamiento secuencial de la información. La información implícita contenida, emerge con diversos signos, los cuales están relacionados adecuadamente, favoreciendo un aprendizaje sostenido.
Comunicación-Expresión	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	Problemas espaciales o matemáticos son traducidos a gráficos concretos. Pueden demandar su aplicación para la resolución del problema con vínculo a la comunicación oral o escrita de la resolución. Se vinculan a los procesos de predicción tanto como a los de formulación de explicaciones provisionarias.

Cuadro N° 1
Funciones cognitivas potenciadas
(elaboración propia a partir de Postigo y Pozo, 1999)

Siguiendo el análisis de gráficas presentes en los textos para la formación de estudiantes de secundaria, si bien se observa que la función principal es la de aclarar o facilitar la comprensión de un concepto, suele suceder con frecuencia, que cumplan sólo un rol decorativo, ya que se observa una presencia de íconos (signos y símbolos) que no están bien referenciados y que aumenten la distracción del potencial lector, o por la ausencia de procedimientos para trabajarlos, lo que en definitiva perturba su comprensión, integración y

aprendizaje. Sin embargo, de los estudios realizados sobre el aprendizaje de textos acompañados de gráficos se observa un efecto positivo del texto ilustrado frente al texto no ilustrado (Levie y Lentz, 1982; Guri-Rozenblit, 1988; Moore, 1993, en Postigo y Pozo, 1999), lo que no se ha justificado recientemente cuales son los procesos cognitivos subyacentes a la adquisición del conocimiento a través de este tipo de textos. Dentro de este problema existen dos enfoques: uno centrado en la influencia de los gráficos en la memoria y comprensión del texto, denominado *enfoque conductista*; y otro, el *enfoque funcional*, basado en la psicología cognitiva y teniendo en cuenta las funciones de los gráficos y las distintas estrategias para el aprendizaje. Para algunos autores corresponden a *organizadores previos* o *esquemas* (Dean y Kulhavy, 1981), otros los caracterizan como *hipótesis de la retención conjunta* (Paivio, 1986), o en términos de *modelos mentales* (Mayer, 1993). Estas tres corrientes teóricas convergen en la funcionalidad del gráfico en el proceso de favorecer el acceso al conocimiento (por motivación; por vinculación de códigos y por elaboración de representaciones mentales, respectivamente).

En Biología de Poblaciones, el aprendizaje de los gráficos se vincula fuertemente por ejemplo a las relaciones funcionales propias de una población, o a las que figuran en el contexto de una comunidad ecológica que se correlacionan con la superación de la visión acotada que pueden provocar las estructuras estáticas relacionadas tanto con la anatomía como con los componentes que estructuran un ecosistema. Según Postigo y Pozo (1999a, 2000), los gráficos se diferencian siguiendo su *naturaleza representacional*, es la que indica el tipo de información que presentan y el formato en el que la representan. Se establecen, según estos autores, cuatro grupos de información gráfica diferenciados en la clase y forma en que es presentada la información, así como en la relación que esa información tiene con el objeto o fenómeno representado: los *diagramas* (que expresan una relación conceptual, pueden ser los esquemas, mapas conceptuales o diagramas de flujo); las *gráficas* (incluyen a los histogramas, diagramas cartesianos, gráficas cartesianas, diagramas de líneas o de barras y pirámides poblacionales, expresan una relación cuantitativa entre dos o más variables); los *mapas* (ejemplificados en planos, croquis o dibujos esquemáticos, expresan una relación espacial selectiva) y las *ilustraciones* (como fotografías, dibujos y pinturas).

Las gráficas cartesianas utilizadas en educación secundaria se definen como representaciones que expresan una relación numérica que existe entre dos variables a través de distintos elementos espaciales: barras, líneas, puntos, etc.,y

se advierte que los alumnos tienden a realizar un procesamiento muy ligero y en la mayoría de los casos se limitan a la lectura de los datos y al reconocimiento de aspectos puntuales de las mismas, apareciendo dificultades cuando se les sugiere indagar en niveles más profundos de interpretación de la información representada (Preece y Janvier, 1993). Los alumnos no sólo deben leer y construir gráficas, también las necesitan para realizar comparaciones, predicciones y buscar patrones o tendencias entre los datos. La interpretación de una gráfica supone describirla, decir lo que se ve, siguiendo su perfil y, también implica decir el porqué de ese perfil que dependerá de la cantidad de información o conocimiento que posea quien interpreta la gráfica. Carswell, Emery y Lonon (1993) y Leinhardt, Zaslavsky y Stein (1990), sugieren analizar dos variables para la interpretación de una gráfica, una *interpretación local*, centrada en la localización de información específica y en los valores puntuales de la gráfica, y una *interpretación global*, centrada en la búsqueda y comparación de tendencias, que considera la totalidad de la gráfica con el objetivo de comprender el “argumento visual”.

Didáctica y niveles de cognición

Postigo y Pozo (2000) resuelven un vínculo entre las funciones de los gráficos y el proceso cognitivo, sostienen el *enfoque funcional*. Establecen una relación con las operaciones de procesamiento de la información y las estrategias de aprendizaje, generando tres niveles: nivel de comprensión *explícita*, nivel de comprensión *implícita* y nivel de comprensión *conceptual*. Esto permite obtener señales para las estrategias didácticas que favorecerían intervenciones en la enseñanza. Se las enuncia en el cuadro N° 2.

Nivel de información	Características	Procedimientos	Actividades relacionadas
Explícita	<i>Es el nivel más superficial de lectura de la gráfica, centrado en la identificación de sus elementos como el título, número, tipo y valores de las variables utilizadas.</i>	Asignación de título	Colocar título de la gráfica; Indicar las variables relacionadas; Señalar el sistema o fenómeno al cual hace referencia y el contexto en el cuál se relacionan.

		Identificación de variables	Determinar el nombre de las variables; Clasificar a las variables como dependientes e independientes.
		Lectura de datos	Leer los distintos valores de las variables que se exponen en la gráfica; Extrapolar datos; Comparar el valor de dos puntos pertenecientes a curvas diferentes o a ubicaciones diferentes en la línea gráfica; Identificar un punto en la línea gráfica para el cual se cumple determinadas condiciones.
Implícita	<i>En este nivel se identifican patrones y tendencias a través del establecimiento de relaciones intravariables e intervariables. Supone un manejo y conocimiento de las convenciones de los diversos tipos de gráficas, así como procesos de decodificación de leyendas o símbolos. Implica procedimientos de mayor complejidad.</i>	Identificación de las relaciones entre variables	Expresar el tipo de relación existente entre las variables (determinando cuál es la expresión algebraica más adecuada para formalizar la relación descrita en la gráfica; Determinar cómo varía una variable en relación con la otra; Formular una consecuencia directa del comportamiento observado en las variables, ya sea en la totalidad de la gráfica o en una sección de la misma.

		Clasificación de la relación	Identificar patrones y tendencias en la gráfica (determinando el tipo de proporcionalidad que se presenta entre las dos variables relacionadas o estableciendo cuál fue o cuál será el comportamiento de las variables de acuerdo a lo descrito en la gráfica).
		Reconocimiento de términos	Decodificar las convenciones, términos, leyendas o símbolos que acompañan a la gráfica (discriminación y utilización de unidades o, definición de diversos términos incluidos en las gráficas), serían las idóneas.
Conceptual	<i>Este nivel está basado en los anteriores, se centra en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura de la gráfica, relacionando los contenidos conceptuales representados.</i>	Elaboración de síntesis conceptuales	Establecer relaciones conceptuales (al elaborar una conclusión general acerca de fenómenos tratados por la gráfica a partir del análisis global de la misma).
		Elaboración de explicaciones	Explicar fenómenos a partir de la información aportada por la gráfica (formular explicaciones a situaciones que están en conexión con las relaciones expuestas por la gráfica cartesiana haciendo uso de la información aportada por esta última).

		Elaboración de predicciones	Predecir el comportamiento de los fenómenos: predecir o estimar el valor que toma una de las variables, predecir el valor de un parámetro que está influenciado por el valor de una de las variables o predecir el comportamiento de un sistema análogo al descrito por la representación gráfica.
--	--	-----------------------------	--

Cuadro N° 2
Distintos niveles para el procesamiento de la información gráfica
y su relación con procedimientos y actividades de aplicación
(elaboración propia a partir de Postigo y Pozo, 1999 y de García 2005)

Que el sujeto interprete una gráfica siguiendo estos tres niveles de información depende de su habilidad en la decodificación de la sintaxis de la misma, de su conocimiento sobre el contenido representado y de las características semánticas; o de las variables o factores de la tarea que rodea a su aprendizaje. Se puede establecer así una vinculación entre las funciones cognitivas, sus indicadores (Postigo y Pozo, 1999) y los procedimientos propuestos por García (2005).

Analizar la funcionalidad de las gráficas cartesianas en los procesos cognitivos, en la construcción de modelos mentales en un dominio determinado, nos remite a considerar que es un contenido matemático, y en este caso específicamente involucrado en el contexto de la Biología de Poblaciones, que obliga a no descuidar las actividades fundamentales vinculadas a la semiosis de gráficas cartesianas, y relacionar las funciones cognitivas con los niveles de información para determinar indicadores y sus respectivas dimensiones.

Del análisis resuelto, estableciendo relaciones emerge una estructura taxonómica, que se aplicó en el estudio analítico del desempeño de los estudiantes de Educación Secundaria, mediante el desarrollo de diversos materiales didácticos aplicados en aula, para el tratamiento y construcción de

nociones relacionadas con las poblaciones biológicas. Así, si los estudiantes al procesar información sobre por ejemplo el número y tipo de variables lo hacen exitosamente, entonces la función cognitiva del “Acceso” se pone en marcha, pues la identificación es funcional. Se enuncian en el siguiente cuadro n°3, las funciones cognitivas asociadas a los indicadores y sus respectivas dimensiones:

Actividades ligadas a la semiosis	Funciones cognitivas	Indicadores	Dimensiones
Formación	Acceso	Identificación	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de variables (NV) • Tipo de variables (TV) • Valores de las variables (VV)
		Interpretación	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de las variables (CIV) • Ubicación de las variables (UV) • Asignación de titulo (AT)
		Análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Extrapolación de variables (EV) • Comparación de variables (CV)
		Análisis y vinculación	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento del comportamiento de las variables (RV) • Clasificación de la relación entre las variables (CRV)
Tratamiento	Percepción	Aprendizaje secuencial	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de las unidades (RU) • Reconocimiento de escalas (RE) • Reconocimiento de patrones y tendencias (RPyT)
	Comunicación-Expresión	Solución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión del problema (CP) • Resolución (RP) • Emisión de la respuesta (ER)
Conversión	Percepción	Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la relación algebraica (RA) • Establecimiento de la forma en que covarían las variables (CoV)
	Comunicación-Expresión	Transformación	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de conceptos (TC) • Conversión de representaciones (CR)

Cuadro N° 3

Capacidades, funciones cognitivas e indicadores para el procesamiento de la información gráfica
(elaboración propia a partir de Postigo y Pozo, 2003 y de García, 2005)

3. Trabajo en campo

Se resolvió recoger datos de trabajos que realizan estudiantes, aplicando los indicadores y las variables que aparecen en el cuadro n° 3. La exploración se realizó con estudiantes de educación secundaria de un establecimiento de educación pública de gestión estatal. Los estudiantes analizados poseían entre 12 y 14 años de edad, y pertenecían al primer año de secundaria, cuyas denominaciones han variado acorde a las modificaciones en la legislación educativa. Así, la primera instancia de aplicación (ciclo lectivo 2011) se resolvió en 8° año de la EGB (tercer ciclo) y en la aplicación 2012 la denominación era 1° año de secundaria. Se utilizaron los diseños de aplicación que el docente de aula resolvió a los efectos de llevar adelante el contenido programático.

En el Ciclo lectivo 2011 se desarrolló el trabajo exploratorio con un grupo de 30 alumnos, en tres etapas diferentes denominadas por el docente a cargo del aula: primera, segunda y tercera sección respectivamente. Los contenidos conceptuales estudiados del campo de la Biología, fueron sobre fisiología vegetal; etología y dinámica poblacional. Estos contenidos contribuyen a construir un eje estructurante como el de las “adaptaciones de los seres vivos”, se vinculan y pueden generar “zonas de desarrollo conceptual próxima” a partir de los conceptos y procedimientos que demandan desarrollar. Los conceptos centrales formaban parte de los desarrollos didácticos del segundo y tercer trimestre. Se observaron los intercambios en el aula y se advirtió que los estudiantes se desempeñaron en equipos de dos integrantes para resolver las consignas dadas, y el docente actuó como un mediador activo. En las tres secciones analizadas se observó que la formación, tratamiento y conversión son las actividades ligadas a la semiosis presentes en los mismos, desarrollando las funciones cognitivas de acceso, percepción y comunicación-expresión.

Cada sección poseía una estructura singular, pero en general presentaban en su arquitectura: diagramas a completar, gráficas cartesianas a interpretar y a construir; cuestionario. Al inicio del trabajo, el 100% de los alumnos emitió una respuesta a las siete cuestiones planteadas, pero, se observó que en promedio el 25% de los alumnos presentaron dificultades en la ubicación de las variables. Sobre la finalización de esta etapa, las cuestiones planteadas permitió que en promedio el 95% de los alumnos fuera capaz de reconocer patrones y tendencias. En la segunda etapa, se aplicó una actividad con 6 ítems. En promedio sólo el 40% respondieron en forma acertada a las preguntas que se refieren a la ubicación correcta de las variables. Mientras que el 50% de ellos, reconoció el comportamiento de las variables, y elaboró una respuesta que

involucraba la comprensión y resolución del problema planteado. Sin embargo, el ítem que se refiere a la organización, en el establecimiento de la forma en que covarían las variables y desde la solución del problema que demanda inferir la actividad de depredadores que forman parte de la comunidad biológica, se observó que sólo el 17% de los alumnos lo realiza en forma correcta. La tercera sección o etapa se centró en el desarrollo de una actividad que consta de 5 ítems y un problema vinculado sólo a conceptos teóricos. Para la identificación, teniendo en cuenta el número, tipo y valores de las variables involucradas se observó que en promedio el 53% de los alumnos lo resuelve correctamente y para la interpretación sólo el 47% lo hizo correctamente. En el establecimiento de relaciones con la comparación de las variables el 45% lo hizo de modo correcto; y en el reconocimiento del comportamiento de las variables sólo el 43%. En la resolución del problema se involucran las actividades de *tratamiento y conversión*, éstas implican la comprensión y resolución, como también la emisión de la respuesta de dicho problema. El 80% de los alumnos lo realizó en forma correcta, probablemente se vincule con el formato del problema que no requiere exclusivamente el uso de la gráfica propuesta. De similar forma se observa en la transformación, es decir en la transferencia de conceptos involucrados. Se detectó que en promedio sólo el 37% de los alumnos logró realizar con éxito las actividades ligadas a los elementos estructurales (“mirada interior” según García, 2005) relacionadas con la explicitación de escalas, determinación de unidades, expresión de datos complementarios, presentación de un título correcto o nominación correcta de los ejes; mientras que el 32% de los estudiantes resolvió exitosamente las acciones correspondientes a elementos *no estructurales* tales como la inclusión de ecuaciones, ilustraciones e íconos, de símbolos o de términos o conceptos.

En una segunda instancia, y con la intención de explorar en otro grupo de estudiantes, atendiendo que algunos contenidos han sido abordados en la escolarización previa según los diseños curriculares y que contribuyen a la construcción del eje estructurante analizado anteriormente, se relevó en el mismo establecimiento educativo, una muestra compuesta por alumnos de tres divisiones correspondientes al mismo año de educación secundaria, haciendo un total aproximado a 80 estudiantes. Las actividades de aplicación y la dinámica de aula a cargo del docente de la asignatura Ciencias Naturales, permitieron analizar el desempeño sobre dos tipos diferentes de instrumentos que los jóvenes resolvieron de modo individual con carpeta abierta y libro. La mediación docente estuvo todo el tiempo según se advirtieran dificultades o por

consulta del estudiante ante alguna duda. El material de aplicación poseía una estructura basada en diagramas, preguntas, íconos vinculados y referenciados. Se observó que el 68% de los alumnos respondió correctamente a la interpretación referida a la ubicación de las variables y en la articulación sobre el reconocimiento del comportamiento de las variables, y en promedio el 58% de los alumnos logró ubicar correctamente el tipo y valor de las variables involucradas en la gráfica cartesiana. En el desarrollo de la actividad de *formación*, la interpretación referida a la ubicación de las variables y la articulación sobre el reconocimiento del comportamiento de las variables, se observó que el 41% de los alumnos responde correctamente. Es de destacar que se vislumbra una disminución considerable del porcentaje de alumnos que lograron responder correctamente a la lectura de datos, como también a la extrapolación y comparación de las variables involucradas en la gráfica presentada. Una de las consignas que introduce a los estudiantes en el análisis de características adaptativas (estructurales, funcionales y etológicas) de seres vivos, presenta una aplicación que es un problema, y se observó que sólo el 44% de los alumnos la respondió en forma correcta y en la representación de los datos sólo el 22%. De estos resultados, emerge que se fortalecen las investigaciones realizadas por Pozo y Flores (2007); García, (2005); García y Perales (2007) y Deulofeu (1991), ya que en la construcción de una gráfica cartesiana no sólo se tienen en cuenta la comunicación en forma gráfica de la solución de un problema, sino también la identificación, interpretación y establecimiento de las variables, el aprendizaje secuencial en el reconocimiento de unidades, escalas y patrones, y la transformación en la conversión de las representaciones utilizadas. En el siguiente cuadro se presentan los promedios de porcentajes correspondientes a las actividades ligadas a la semiosis de *formación*, *tratamiento* y *conversión* para los dos ciclos lectivos analizados:

Actividades ligadas a la semiosis	Formación	Tratamiento	Conversión
Ciclo lectivo 2011	48%	71%	68%
Ciclo lectivo 2012	47%	38%	16%

Cuadro N° 4
Porcentajes correspondientes a las actividades ligadas a la semiosis

4. Discusión de Resultados

Según este estudio, se puede concluir que se concuerda con anteriores investigaciones en que los alumnos presentan dificultades en el uso de las gráficas cartesianas, en las actividades de *formación, tratamiento y conversión* que se proponen en este caso en los procesos de aprendizaje de contenidos de Biología de Poblaciones.

Para los dos ciclos lectivos estudiados, se observa que en promedio más de la mitad de los alumnos logra el acceso a la identificación del número, tipo y valores de las variables involucradas en las gráficas; con similar porcentaje logra la interpretación que supone su clasificación y ubicación; en cambio, en el establecimiento de relaciones en su comparación y en la articulación con el reconocimiento de las variaciones y clasificación de la relación, sólo un porcentaje muy bajo de los investigados lo realiza correctamente. Se detecta el menor porcentaje en la actividad que involucra la construcción de una gráfica, ya que implica el dominio de la percepción en el reconocimiento de unidades, escalas y patrones; la comunicación-expresión en la solución del problema, y la transformación en la transferencia de conceptos y en la conversión de las representaciones utilizadas.

Según las dimensiones y los indicadores analizados y presentes en los instrumentos analizados para los dos ciclos lectivos, se observa que figuran plenamente el reconocimiento del tipo y valores de las variables, como también la ubicación y reconocimiento del comportamiento de las mismas. La comprensión del problema, la emisión de una respuesta y la conversión de representaciones son indicadores que se observan de similar forma. Sin embargo, en el ciclo 2012 el reconocimiento de patrones, la resolución de problemas y la transferencia de conceptos están escasamente presentes. Las dimensiones ausentes para los dos ciclos lectivos se refieren a la extrapolación y comparación de variables, a la clasificación y determinación de la relación entre ellas y al establecimiento de la forma en que covarían.

Finalmente, en la actividad de *formación* no se presentan diferencias en el porcentaje obtenido en cada uno de los ciclos lectivos estudiados, en cambio en el *tratamiento* y la *conversión* sí se observan grandes diferencias, lo cual puede asociarse a diferentes causas, quizás el desconocimiento de los contenidos propios de la biología o la falta de entrenamiento de ese tipo de aplicación a partir de gráficas cartesianas.

Se sugiere replantear la secuencia de acciones, el orden y completitud de las mismas a ofrecer en un acto de intervención didáctica para potenciar mejores resultados en el tratamiento de este tipo de representaciones.

Referencias bibliográficas

1. CARSWELL, C., EMERY, C. Y LONON, A. (1993). *Stimulus complexity and information integration in the spontaneous interpretation of line graphs*. Applied Cognitive Psychology, 7, 341-357.
2. DEAN, R. S. Y KULHAVY, R. W. (1981). *Influence of spatial organization in prose learning*. Journal of Educational Psychology, 73 (1), 57-64.
1. DEULOFEU, J. (1991). *El lenguaje de las gráficas cartesianas y su interpretación en la representación de situaciones discretas*. CL&E. 11-12. pp. 77-86.
2. GARCÍA 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.
3. GARCÍA GARCÍA, J. Y PERALES, F. (2007). *¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones gráficas cartesianas?* REIFOP, 10(1).
4. LEINHARDT G., ZASLAVSKY, O.Y STEIN, M. K. (1990). *Functions, Graphs and graphing*. Task a Learning and teaching. Review of Educational Research, 60, (1), 1-64.
5. MAYER, R.(1993). *Illustrations that instruct*. In R Glaser, Editor, Advances in instructional Psychology, Elrbaum, Hillsdale, New Jersey, 4, 253-284.
6. PAIVIO, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Nueva York: Oxford University Press.
7. POSTIGO Y., POZO, J. (1999). *El aprendizaje estratégico: enseñamos a aprender desde el currículo*. Madrid: Santillana.
8. POZO, J. (2003). *Adquisición de conocimiento. Cuando la carne se hace verbo*. Madrid: Morata.
9. POZO, J. Y FLORES, F. (Coords.) (2007). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado. (pp. 107-124)

10. PREECE, J. Y JANVIER, C. (1993). *Interpreting trends in multiple-curve graphs of ecological situations: The role of context*. International Journal Science Education, 15(2), 199-212
11. STEINBRING, H. (1997). *Epistemological investigation of classroom interaction in elementary mathematics teaching*. Educational Studies in Mathematics, 32:49-92.
12. ZÚÑIGA, L. (2004). *Funciones cognitivas: un análisis cualitativo sobre el aprendizaje del cálculo en el contexto de la ingeniería*. Tesis doctoral. Instituto Politécnico Nacional. México.