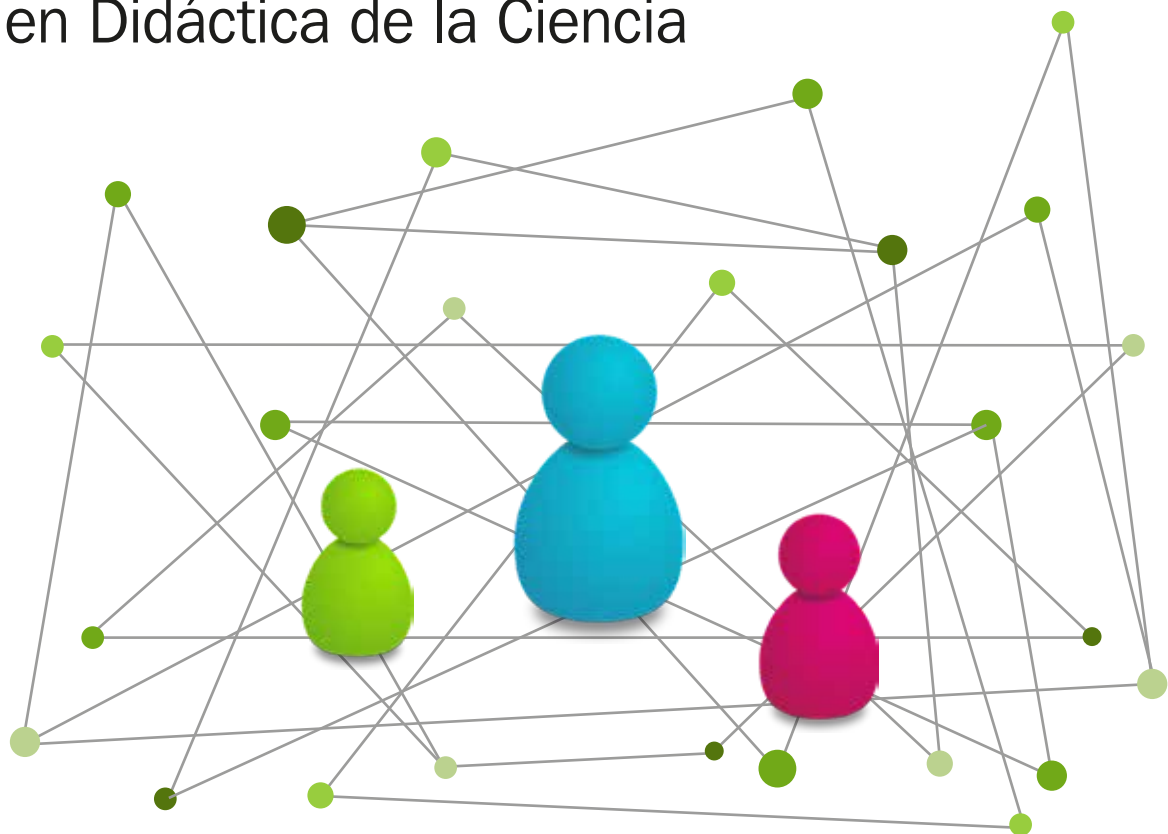


# Comunicando la Ciencia

Avances en investigación  
en Didáctica de la Ciencia



Ma. Gabriela Lorenzo · Héctor Santiago Odetti · Adriana Emilia Ortolani  
(editores)

UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL LITORAL



COLECCIÓN  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## María Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia  
y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la  
Educación Científica. CIAEC. CONICET.

## Héctor Santiago Odetti

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica  
y Ciencias Biológicas, Departamento de Química  
General e Inorgánica.

## Adriana Emilia Ortolani

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica  
y Ciencias Biológicas, Departamento de Química  
General e Inorgánica.

---

Comunicando la Ciencia / María Gabriela Lorenzo et ál.); editado por  
Adriana Ortolani; Héctor Santiago Odetti; prólogo de Luz Lastres Flores  
1a ed. Santa Fe: Ediciones UNL, 2018.

Libro digital, PDF (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-749-105-0

1. Ciencia. 2. Educación Superior. I. Lorenzo, María Gabriela
- II. Ortolani, Adriana, ed. III. Odetti, Héctor Santiago, ed.
- IV. Lastres Flores, Luz, prólog.

CDD 507.11



Reservados todos los derechos

Consejo Asesor

Colección Ciencia y Tecnología

**Luis Quevedo / Erica Hynes / Ayelén García Gastaldo /  
Gustavo Ribero / Gustavo Menéndez**

Coordinación editorial: Ma. Alejandra Sedrán

Corrección: Félix Chávez

Diseño de tapa e interiores: Analía Drago

© Adúriz-Bravo, Alcalá, Armúa, Bertelle, Cambra Badii,  
Dos Santos Moreira Souza, Fabro, Falicoff, Farré,  
Ferreira dos Santos, González Galli, Güemes, Idoyaga,  
Lastres Flores, Lorenzo, Maeyoshimoto, Masullo, Meinardi,  
Novaes dos Santos, Odetti, Ortolani, Paz, Pérez, Plaza, Porro,  
Pujalte, Rossi, Sánchez, Sardinha da Silva, Tiburzi, Zanón, 2018.

© ediciones UNL



Universidad Nacional del Litoral, 2018

Facundo Zuviría 3563, cp. 3000, Santa Fe, Argentina

editorial@unl.edu.ar

www.unl.edu.ar/editorial



**Universidad  
Nacional del Litoral**

**Enrique Mammarella** · Rector

**Claudio Lizárraga** · Vicerrector y Secretario de Planeamiento Institucional y Académico

**Ivana Tosti** · Directora Centro de Publicaciones

**Adriana E. Ortolani** · Decana Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

## Comunicando la Ciencia



# Comunicando la Ciencia

Avances en investigación  
en Didáctica de la Ciencia

María Gabriela Lorenzo  
Héctor Santiago Odetti  
Adriana Emilia Ortolani  
(Editores)

Agustín Adúriz-Bravo  
Ma. Teresa Alcalá  
Aurora C. Armúa  
Adriana Bertelle  
Irene Cambra Badii  
Geovânia Dos Santos Moreira Souza  
Ana P. Fabro  
Claudia B. Falicoff  
Andrea S. Farré  
Bruno Ferreira dos Santos  
Leonardo González Galli  
René O. Güemes  
Ignacio J. Idoyaga  
Jorge E. Maeyoshimoto  
Marina Masullo  
Elsa Meinardi  
Karina Novaes dos Santos  
Vilma A. Paz  
Gastón M. Pérez  
María V. Plaza  
Silvia Porro  
Alejandro Pujalte  
Alejandra Ma. Rossi  
Germán H. Sánchez  
Eliana Sardinha da Silva  
María del C. Tiburzi  
Victoria Zanón  
Luz Lastres Flores (Revisora)

# Índice

- **Prólogo / 9**  
*Luz Lastres Flores*
- **Agradecimientos / 11**
- **PARTE I**  
**Investigación y Docencia en Interacción**
- Capítulo I  
**Proyecto Redes: Circuitos comunicativos entre grupos de investigación en educación en ciencias experimentales y naturales argentino-brasileño / 17**  
*M. Gabriela Lorenzo*
- La comunicación en la ciencia / **18**
- Marco de pertenencia del proyecto redes / **19**
- Hace mucho que venimos trabajando... / **22**
- Descripción del proyecto / **24**
- Referencias bibliográficas / **27**
- Capítulo II  
**El lenguaje y el discurso en el aula y sus relaciones con la enseñanza y el aprendizaje de ciencias naturales / 28**  
*Karina Novaes dos Santos, Geovânia dos Santos Moreira Souza, Eliana Sardinha da Silva y Bruno Ferreira dos Santos*
- Introducción / **29**
- La adquisición del lenguaje científico en clases de química / **30**
- Las investigaciones sobre las interacciones discursivas / **32**
- La teoría social sobre el discurso pedagógico de Basil Bernstein / **34**
- Referencias bibliográficas / **36**
- Capítulo III  
**El remodelado de una práctica pedagógica de química que altera características sociológicas / 38**  
*Eliana Sardinha da Silva y Bruno Ferreira dos Santos*
- Introducción / **39**
- El contexto de aplicación / **39**
- La base teórica de la experiencia / **40**
- Los contenidos trabajados / **41**

- Propuesta de la actividad / **41**
- La evaluación / **41**
- Los resultados / **42**
- Consideraciones finales / **52**
- Referencias bibliográficas / **53**

#### Capítulo IV

- **Las actividades experimentales simples: una alternativa para la enseñanza de la física / 55**  
*Ignacio Idoyaga y Jorge Maeyoshimoto*
- Introducción / **55**
- Las actividades experimentales en la enseñanza de la física / **57**
- La revolución pendiente / **59**
- Las actividades experimentales simples / **64**
- Referencias bibliográficas / **67**

#### Capítulo V

- **Científicas y científicos, ¿fuera del laboratorio?: las representaciones del estudiantado y profesorado como insumo para repensar la educación ambiental en la escuela / 69**  
*Alejandro Pujalte, Silvia Porro y Agustín Adúriz-Bravo*
- Introducción / **70**
- Metodología / **71**
- Resultados / **72**
- Comparación de las representaciones de estudiantes y profesores / **76**
- Interpretación de resultados / **77**
- Conclusiones / **78**
- Propuestas / **79**
- Referencias bibliográficas / **80**

#### Capítulo VI

- **¿Cómo elegir un libro de texto para nuestras clases teniendo en cuenta la naturaleza de la ciencia? / 81**  
*Andrea S. Farré y M. Gabriela Lorenzo*
- La naturaleza de la ciencia comunicada a través de la historia / **85**
- Formas en que se comunica la experimentación y su relación con la naturaleza de la ciencia / **88**
- Poniendo manos a la obra. Ejemplos de práctica / **91**
- Actividades de cierre / **103**
- Evaluación en y de la secuencia / **104**
- Reflexiones finales / **105**
- Referencias bibliográficas / **106**

→ **PARTE II**

**Avances en Investigación**

Capítulo VII

→ **Comunicando avances en investigación en Argentina / 111**

*Irene Cambra Badii, Ana P. Fabro, Héctor S. Odetti y Germán H. Sánchez*

→ Introducción / **112**

→ Los grupos de investigación en didáctica de las ciencias. Desafíos para el futuro / **115**

→ Nuevos investigadores, nuevos desafíos / **117**

→ A modo de cierre / **119**

→ Referencias bibliográficas / **121**

Capítulo VIII

→ **Aportaciones de la epistemología y la historia de la ciencia a la modelización y la argumentación científicas escolares / 123**

*Agustín Adúriz-Bravo*

→ Introducción/Fundamentación / **123**

→ Objetivos e hipótesis / **125**

→ Metodología / **126**

→ Principales resultados y perspectivas / **128**

→ Referencias bibliográficas / **130**

Capítulo IX

→ **Estudio de las características textuales y el contenido científico de resúmenes sobre la función de nutrición en estudiantes de educación secundaria obligatoria. Tesis doctoral / 131**

*Vilma A. Paz*

→ Introducción / **131**

→ Marco teórico / **132**

→ Lenguaje y ciencia escolar / **134**

→ El resumen escolar / **136**

→ Metodología / **136**

→ Referencias bibliográficas / **140**

Capítulo X

→ **Experiencia de inmersión en el campo de las prácticas de residencias en ciencias naturales / 141**

*Aurora C. Armúa y M. Teresa Alcalá*

→ Introducción / **141**

→ Metodología / **143**

→ Resultados preliminares / **145**

→ Referencias bibliográficas / **147**

Capítulo XI

→ **Hacer visible el pensamiento en las clases de ciencias naturales.**

**Las rutinas como estructuras / 148**

*Marina Masullo*

→ Introducción/Fundamentación / **148**

→ Hipótesis / **151**

→ Metodología / **151**

→ Principales resultados y perspectivas / **153**

→ Referencias bibliográficas / **157**

Capítulo XII

→ **Implementación y evaluación de secuencias didácticas / 158**

*Adriana Bertelle, Cristina Iturralde, Bravo Bettina; Juárez, Mabel; Rocha Adriana; Salomone Silvia; Boucíguez María José*

→ Introducción y fundamentación / **158**

→ Objetivos / **160**

→ Metodología / **160**

→ Principales resultados y perspectivas / **162**

→ Referencias bibliográficas / **163**

Capítulo XIII

→ **Producción y evaluación de materiales para la formación en competencias científicas de los estudiantes de química en un proceso de articulación escuela media-universidad / 164**

*Adriana E. Ortolani, René O. Güemes, Claudia B. Falicoff, M. del Carmen Tiburzi y Héctor S. Odetti*

→ Introducción/Fundamentación / **165**

→ Objetivos / **166**

→ Metodología / **166**

→ Principales resultados y perspectivas / **167**

→ Referencias bibliográficas / **172**

Capítulo XIV

→ **Las representaciones gráficas en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en la universidad / 173**

*Ignacio Idoyaga y M. Gabriela Lorenzo*

→ Introducción/Fundamentación / **173**

→ Objetivos e hipótesis / **174**

→ Metodología / **174**

→ Principales resultados y perspectivas / **178**

→ Referencias bibliográficas / **179**



Capítulo XV

- **Prácticas educativas en el taller de ciencias naturales para el ciudadano. Un caso de implementación de la reforma curricular en el nivel medio de la provincia de Río Negro / 180**

*Victoria Zanón*

- Introducción/Fundamentación / **180**
- Objetivos / **181**
- Metodología / **182**
- Principales resultados y perspectivas / **183**
- Referencias bibliográficas / **184**

Capítulo XVI

- **La importancia del cine en el aprendizaje de cuestiones bioéticas. Un acercamiento desde la psicología / 185**

*Irene Cambra Badii*

- Introducción/Fundamentación / **185**
- Objetivos e hipótesis / **186**
- Metodología / **186**
- Principales resultados y perspectivas / **189**
- Referencias bibliográficas / **190**     190

Capítulo XVII

- **La enseñanza y el aprendizaje de la evolución en la escuela secundaria basados en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos / 190**

*Gastón M. Pérez y Leonardo González Galli*

- Introducción / **191**
- Fundamentación / **192**
- Objetivos e hipótesis / **193**
- Metodología / **194**
- Principales resultados y perspectivas / **195**
- Referencias bibliográficas / **196**

Capítulo XVIII

- **Estudio de trabajos prácticos de ciencias experimentales en el nivel superior. Una aproximación metodológica / 198**

*Germán H. Sánchez, Héctor S. Odetti y M. Gabriela Lorenzo*

- Introducción / **199**
- Objetivos e hipótesis / **200**
- Metodología / **200**
- Estrategias metodológicas para la recopilación de datos / **200**
- Análisis de datos / **202**

- Validación de los métodos / **203**
- Principales resultados y perspectivas / **203**
- Agradecimientos / **204**
- Referencias bibliográficas / **205**

Capítulo XIX

- **Introducción a las metodologías de investigación en educación / 206**  
*Elsa Meinardi y M. Victoria Plaza*
- Principales enfoques en investigación educativa / **206**
- Enfoques cuantitativos / **207**
- La investigación cualitativa / **216**
- Para finalizar / **219**
- Referencias bibliográficas / **220**

Capítulo XX

- **Reflexionar para seguir aprendiendo / 222**  
*M. Gabriela Lorenzo y Alejandra M. Rossi*
- Introducción / **223**
- Perspectivas / **225**
- Preocupaciones / **226**
- Encrucijadas / **226**
  
- **Sobre los autores / 228**

## Capítulo XIV

# **Las representaciones gráficas en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en la universidad**

Ignacio Idoyaga y M. Gabriela Lorenzo

Se presentan la fundamentación, metodología y los resultados preliminares de parte del plan de trabajo correspondiente a la tesis «Las representaciones gráficas en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en la universidad». Este plan propone describir las prácticas áulicas de aprendizaje de las representaciones gráficas, interpretarlas y detectar posibles dificultades. En este proyecto se utilizó una metodología que combina los enfoques cualitativo y cuantitativo. Los resultados muestran que los estudiantes consideran a los gráficos como objetos académicos y que pueden acceder a la información explícita e implícita, no así a la información conceptual.

### **Introducción/Fundamentación**

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales, y en particular de la física, requieren de distintos sistemas semióticos que actúan de manera sinérgica (Lemke, 2002). Las representaciones gráficas, particularmente los gráficos cartesianos ocupan un lugar de preponderancia en estos procesos (Artola, Mayoral y Benarroch, 2016). Los estudiantes deben procesar la información contenida en los gráficos para construir conocimiento.

Se han propuesto tres niveles de complejidad creciente para el procesamiento de la información presente en los gráficos (Postigo y Pozo, 2000). El nivel de la información explícita se trata de identificar los elementos presentes en el gráfico. El nivel de la información implícita requiere encontrar patrones y tendencias identificando relaciones entre las variables involucradas. El procesamiento a nivel de la información conceptual se articula sobre los dos primeros y está centrado en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura del gráfico, lo que hace necesario ir más allá de la información contenida en la representación y recuperar otros conocimientos disponibles en la memoria a largo plazo.

Los dos primeros niveles de procesamiento suelen alcanzarse en la educación media y quedaría para la universidad el desarrollo de las habilidades relacionadas con el nivel de la información conceptual (Solar, Deulofeu y Azcárate, 2015). Sin embargo, varias investigaciones que han puesto de manifiesto que tanto los estudiantes universitarios como sujetos titulados en ciencias, presentan dificultades para acceder a la información gráfica más allá de los dos primeros niveles (García García y Perales, 2006; Echeverría *et al.*, 2007).

## Objetivos e hipótesis

Investigar las dificultades y los obstáculos para el aprendizaje vinculado al procesamiento de representaciones gráficas por los estudiantes. Identificando a qué nivel de procesamiento acceden y reflexionando sobre las relaciones entre el aprendizaje y las creencias de los estudiantes con respecto a las representaciones.

Se parte de la hipótesis que los estudiantes universitarios tienen dificultades para procesar información gráfica a nivel conceptual, consecuentemente tienen limitaciones para construir conocimiento a partir de ellas y para dominar el lenguaje de la física.

Se espera que los alumnos entiendan a los gráficos como constructos académicos de poca utilidad fuera del contexto educativo.

## Metodología

La complejidad de las prácticas educativas en el contexto del aula, exige un enfoque sistémico de abordaje, por lo que se propone articular un trabajo de reflexión teórica, investigación empírica y la elaboración de propuestas concretas de intervención pedagógica. Se plantea una investigación en contexto

que mantenga conexiones muy estrechas entre la investigación didáctica y la innovación pedagógica. Por contexto entendemos los escenarios reales de actuación de los alumnos. La metodología corresponde a la empleada en los estudios sociales, psicología y ciencias de la educación (Reichardt y Cook, 1995; León y Montero, 1997; Pardo y San Martín, 1999).

Se prevé la realización de estudios complementarios y convergentes para el análisis de las prácticas educativas en relación con el uso de representaciones gráficas. Los datos recogidos serán discutidos por al menos tres investigadores integrantes de los proyectos en los que se inscribe el presente plan.

#### *Descripción del contexto*

Esta investigación se realizará principalmente en el marco de la asignatura Física de la FFyB. La asignatura cuatrimestral es un segundo curso de física universitaria donde la casi totalidad de los temas desarrollados pertenecen a la física clásica, y se hará una breve introducción a algunos tópicos de física moderna, con orientación para ciencias de la salud. Incluye exposiciones magistrales (teóricos), seminarios, trabajos prácticos de laboratorio, clases de resolución de problemas y un intenso trabajo en un aula virtual. A lo largo de todo el curso se pretende que los estudiantes confeccionen e interpreten representaciones gráficas.

#### *Participantes*

Los sujetos participantes serán los estudiantes de la asignatura. Se resguardará en todo momento la confidencialidad de las personas que intervengan en su desarrollo, sus datos personales y de filiación serán codificados. La participación de los sujetos será voluntaria. El proyecto no interferirá con el normal desarrollo de las actividades académicas de los participantes. Adicionalmente se podrán incorporar como participantes estudiantes del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires o de otras instituciones educativas vinculadas al CIAEC para la realización de estudios que incluyen análisis comparados.

#### *Diseño*

Para estudiar las dificultades y los obstáculos de aprendizaje vinculados al procesamiento de las representaciones gráficas por los estudiantes se aplicarán tareas de lápiz y papel aplicadas a gran grupo, y se complementará con el estudio de casos para profundizar en el análisis cualitativo. Así mismo, se evaluarán las concepciones y conceptualizaciones sobre información gráfica por parte de estudiantes empleando cuestionarios escritos. En esta línea se aplica una metodología estadística descriptiva para el análisis de datos. Este estudio incluirá las siguientes tareas:

**a)** Encuesta a estudiantes: se desarrollará una encuesta para indagar las creencias y conceptualizaciones de los estudiantes sobre representaciones gráficas. Instrumento: se diseñará un cuestionario escrito con preguntas cerradas del tipo grado de acuerdo y valoración con una escala. La administración del cuestionario será personalmente y en contexto de aula. Características de la muestra: el ámbito de esta encuesta será la UBA, el universo queda descrito como el conjunto de estudiantes de Física de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, el tamaño estimado será de 100 estudiantes voluntarios, la afijación proporcional y el error maestro menor al 10 %. Adicionalmente se podrá aplicar el mismo cuestionario a otras muestras de distintas poblaciones para poder realizar comparaciones (distinta institución o diferente asignatura).

**b)** Tareas de lápiz y papel: se buscará indagar el nivel de procedimiento de la información gráfica que alcanzan los estudiantes. Instrumento: se diseñarán tareas de lápiz y papel que se aplicarán en contexto de clase o en situación de examen, siempre con la autorización del docente a cargo. Las tareas se calificarán desde una perspectiva disciplinar y a través del uso de indicadores se categorizará el nivel de procesamiento de la información gráfica. Los indicadores propuestos incluyen: coherencia conceptual entre las distintas secciones de cada representación y entre las representaciones, correcciones propuestas a representaciones con errores, pertinente y correcta utilización de modelos físicos en la resolución, recurrencia a nuevas representaciones externas, utilización de referencias y aclaraciones de carácter semiótico, multiplicidad de lenguajes, entre otros.

Los datos recogidos en a) y b) serán analizados cualitativa y cuantitativamente empleando estadística inferencial.

**c)** Entrevistas: para profundizar el estudio cualitativo y lograr una mayor comprensión del objeto de estudio se seleccionarán algunas producciones de la tarea b) de estudiantes para entrevistarlos en un estudio de casos. Los estudiantes seleccionados serán no más de 3, aquellos que voluntariamente se presten a la entrevista y que hayan logrado responder correctamente la tarea b) desde una perspectiva disciplinar. En la entrevista los estudiantes seleccionados, cuya participación será confidencial, podrán revisar, comentar y ampliar su producción. Se seguirá un enfoque de pensamiento en voz alta.

#### *Variables dependientes propias de este estudio*

Marco de temporalidad: el estudio puede llevarse a cabo a lo largo de varios ciclos de dictado de la asignatura o asignaturas que cursan los participantes.

- Variables de la investigación:

**A) Variables independientes y niveles:**

- 1) Edad (cuantitativa continua).
- 2) Género (nominal): a) Masculino, b) Femenino.
- 3) Porcentaje de avance efectivo en la carrera (cuantitativa continua).
- 4) Número de cursadas de la asignatura (cuantitativa discreta).
- 5) Porcentaje de materias anteriores aprobadas (cuantitativa discreta).
- 6) Ocupación Laboral (cualitativa ordinal): a) No trabaja, b) Trabaja media jornada, c) Trabaja jornada completa.
- 7) Turno al que asiste (cualitativa nominal): a) Mañana, b) Tarde, c) Noche.
- 8) Institución (variable cualitativa nominal): FFYB, CBC, FADU, Otra.
- 9) Asignatura (variable cualitativa nominal): Física, Biofísica, Otra.

**B) Variables dependientes:**

- 1) Uso de (\*) en la universidad (variable cualitativa discreta).
- 2) Expectativa de uso futuro de (\*) en la universidad (variable cualitativa discreta).
- 3) Uso de (\*) en el ámbito profesional (variable cualitativa discreta).
- 4) Uso de (\*) en la vida cotidiana (variable cualitativa discreta).
- (\*) Equivale alternativamente a gráficos cartesianos, circulares o barras.
- 5) Nivel de procesamiento de la información gráfica (variable cualitativa ordinal): nivel explícito, nivel implícito, nivel conceptual.
- 6) Evaluación disciplinar (variable cualitativa ordinal): incorrecto, parcialmente correcto, correcto.

El abordaje cualitativo permite profundizar en el objeto de estudio mientras que el cuantitativo le imprime mayor carácter de generalidad, por ello se plantea una investigación que contemple ambos abordajes y permita la corrección mutua de posibles sesgos metodológicos, lo que es una fortaleza de la metodología propuesta.

En el mismo sentido, el trabajo de investigación incluye diferentes enfoques.

**a) Enfoque Descriptivo.**

Empleando una metodología observacional se analizarán las producciones escritas y orales de estudiantes.

**b) Enfoque Empírico Explicativo.**

Se aplicará una metodología cuasiexperimental para investigar la incidencia de ciertas variables para la construcción de conocimiento formal (tareas de lápiz y papel).

**c) Enfoque Interpretativo Predictivo.**

Los datos obtenidos a través de los enfoques descriptivo y empírico permitirán aproximarse al conocimiento del lugar que ocupan las representaciones gráficas en cursos universitarios de física.

Resulta particularmente complejo proponer y validar indicadores medibles que permitan identificar los niveles de procesamiento a los que alcanzan los estudiantes. Entre los que se proponen, la abundancia de aclaraciones semióticas podría estar indicando la comprensión de la naturaleza representacional de los gráficos, pero también podría estar respondiendo a lo que suponen se espera en consonancia con las indicaciones de los docentes. La inclusión de nuevas representaciones puede representar la internalización de la representación original y la posibilidad de reeditarla en múltiples formatos, pero también podría estar actuando como amplificador cognitivo. Por último, la capacidad de responder disciplinalmente a las tareas termina siendo un requerimiento para poder observar cuestiones referidas al dominio representacional.

### **Principales resultados y perspectivas**

Los estudiantes se mostraron altamente familiarizados con los sistemas de representación que se propusieron en las tareas. Se pusieron en evidencia las numerosas dificultades. Los estudiantes acceden a la información explícita e información implícita, solo unos pocos a la información conceptual.

Con respecto a las creencias de los estudiantes, no vislumbran las posibilidades cognitivas de las representaciones ni su valor comunicacional.

Está previsto complementar estos estudios con la revisión del material didáctico de la asignatura y el estudio del discurso del profesor en clase. Se podrán estudiar las relaciones de estos con el procesamiento de la información gráfica.



## Referencias bibliográficas

**Artola, E.; Mayoral, L. 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.

**García García, J. 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.

**Lemke, J.** (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En Benlloch, M. (Comp.), *La educación en ciencias: Ideas para mejorar su práctica* (pp. 159–186). Barcelona: Paidós.

**León, O.; Montero, I.** (1997). *Diseño de Investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en psicología y educación*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

**Pardo, A.; San Martín, R.** (1999). *Análisis de Datos en Psicología II*. Madrid: Pirámide.

**Postigo, Y. y Pozo, J. I.** (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89–100.

**Pérez Echeverría, M. M.; Pecharrmán, A. M. y Postigo Angón, Y.** (2007). Los sistemas de representación externa como mediadores en el cambio representacional. En Pozo, J. I. y Flores, F. (Coords.). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia* (pp. 107–124). Madrid: Antonio Machado.

**Reichardt, C. S.; Cook, T. D.** (1995). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación educativa*. Madrid: Morata.

**Solar, H.; Deulofeu, J. y Azcárate, C.** (2015). Competencia de modelización en interpretación de gráficas funcionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 191–210.