

C251-9**MANIFESTACIÓN DE OBSTÁCULOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CÁLCULO DIFERENCIAL****Liliana MILEVICICH, Alejandro LOIS, Laura GELSI, Ana GONZÁLEZ**

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional General Pacheco
Hipólito Irigoyen 288. General Pacheco. Buenos Aires. Argentina
4740-5040*

lmilevicich@ciudad.com.ar - alelois@ciudad.com.ar

Nivel Educativo: Educación Superior.

Palabras Claves: obstáculos epistemológicos, construcción del conocimiento, conocimientos pre-científicos, preconcepciones, categorización de errores.

RESUMEN

La enseñanza habitual basada en la creencia que basta transmitir los conocimientos científicos de forma clara y ordenada para que los alumnos los comprendan no ha resultado efectiva. Nos referimos a una enseñanza dónde los conceptos son introducidos de forma apromblemática, se trivializa el cambio de ideas que la construcción de los conocimientos científicos supone y no se toman en cuenta los conocimientos pre-científicos de los alumnos, fruto de *una epistemología del sentido común*.

Creemos que *concebir el aprendizaje* de las ciencias y de la matemática en particular como una construcción de conocimientos, que parte necesariamente de un conocimiento previo y *elaborar estrategias* que propicien este tipo de aprendizaje, contribuiría a la superación de los obstáculos.

En este trabajo nos proponemos *describir y caracterizar* la manifestación de los obstáculos presentes en la resolución de problemas, a partir de un exhaustivo análisis realizado sobre la producción de un grupo de alumnos que habían culminado sus aprendizajes sobre temas de cálculo diferencial.

INTRODUCCIÓN

La asimilación por los alumnos de los contenidos conceptuales transmitidos por el profesor y su capacidad para reproducirlos, ha constituido el objetivo más básico de la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados. Y comparativamente con las dificultades encontradas en otros campos, como el de la resolución de problemas, un porcentaje suficientemente elevado de estudiantes alcanzaba este objetivo. Bastantes alumnos contestan, efectivamente, con relativa corrección al tipo de cuestiones teóricas habitualmente empleadas en los exámenes, pero no ocurre así con las cuestiones prácticas.

La publicación de algunos estudios rigurosos como la tesis de Laurence Viennot (1976) atrajo la atención sobre este problema que cuestionaba la efectividad de la enseñanza allí donde los resultados parecían más positivos; los alumnos no sólo terminaban sus estudios sin saber

resolver problemas y sin una imagen correcta del trabajo científico, sino que la inmensa mayoría de ellos ni siquiera había logrado comprender el significado de los conceptos científicos más básicos, a pesar de una enseñanza reiterada. Particularmente relevante era el hecho de que esos errores no constituían simples olvidos o equivocaciones momentáneas⁶, sino que se expresaban como ideas muy seguras y persistentes, afectando de forma similar a alumnos de distintos países y niveles.

De este modo el estudio de los que se denominaron *errores conceptuales* se convirtió rápidamente en una potente línea de investigación y se concedió a dichos estudios una particular atención.

Desde mediados de los años 70 la detección de errores conceptuales relevantes dio lugar a una abundante literatura.⁷ Se han analizado en todos los campos de las ciencias y una vez puesta en evidencia la extensión y gravedad de los errores conceptuales, la investigación se centró en la comprensión de sus causas y en el diseño de estrategias de enseñanza que permitieran salir al paso de unos resultados tan negativos.

Estos intentos de explicación de la abundancia y persistencia de errores conceptuales en numerosos dominios de las ciencias han apuntado básicamente a dos causas, relacionadas, además, entre sí. Por una parte se ha barajado la hipótesis, con unos u otros matices, de que *esos errores constituyen más bien ideas espontáneas o preconcepciones que los alumnos ya tenían previamente al aprendizaje escolar*. En segundo lugar, la atención se ha dirigido hacia el tipo de enseñanza habitual, poniendo en duda que *la transmisión de conocimientos elaborados haga posible una recepción significativa de los mismos*, es decir, haga posible que los alumnos pasen a tener las ideas que les han transmitido.

Las investigaciones sobre errores conceptuales condujeron muy rápidamente a distintos autores a intentar verificar la hipótesis más plausible sobre la existencia en los niños de ideas sobre temas científicos previas al aprendizaje escolar y que fueron designadas como teorías ingenuas: ciencia de los niños (Caramazza, 1981), esquemas conceptuales alternativos (Gilbert, 1982); (Osborne y Wittrock 1983, (Driver y Easley, 1978), Representaciones (Giordan, 1985).

Conviene señalar que, aunque *el interés por las preconcepciones* es bastante reciente, existen precedentes que, con notable antelación, llamaron la atención sobre la "*prehistoria del aprendizaje*" (Vigotsky, 1973) o se refirieron al hecho de que, a menudo, "*se conoce contra un conocimiento anterior*" (Bachelard, 1938). Y es necesario no olvidar tampoco los trabajos de Piaget (1971), que plantean el rastreo del origen psicológico de las nociones hasta sus estadios precientíficos, o de Ausubel (1978), quien llega hasta afirmar: "*si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un sólo principio, enunciaría este: averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñese consecuentemente*".

También es cierto que la mayoría de los autores coinciden en considerar esas preconcepciones como el fruto de las experiencias cotidianas de los alumnos⁸, dónde el carácter reiterado de estas experiencias explicaría, en parte, la persistencia y demás propiedades de las preconcepciones (ser comunes a estudiantes de diferentes medios y edades, etc).

Otros autores, sin embargo, han defendido interpretaciones diferentes y muestran una serie de reservas acerca de la existencia misma de esquemas conceptuales alternativos. Estas ideas se sintetizan básicamente en los siguientes ítems:

⁶ Es el tipo de error que denominamos "*falta de control*" (Milevicich y Lois, 2004)

⁷ Existen amplias selecciones bibliográficas en Osborne y Wittrock (1983), Carrascosa (1985), Hierrezuelo (1989).

⁸ A modo de ejemplo, los alumnos están constantemente reforzando la idea de que los cuerpos más pesados caen más rápido, o de que hace falta aplicar una fuerza para que un cuerpo se mueva.

- Suponer que los alumnos poseen esquemas conceptuales de una cierta coherencia significa atribuirles un comportamiento similar al de los científicos, ignorando la diferencia radical entre el pensamiento de los jóvenes y el de los científicos.
- Los fenómenos físicos no son lo suficientemente relevantes para la inmensa mayoría de los seres humanos y, por tanto, no pueden ser objeto de la concentración y esfuerzo necesarios que precisa la construcción de esquemas teóricos.
- Las respuestas de los jóvenes a las cuestiones que se les plantean sobre los fenómenos físicos que forman parte de su experiencia, no son indicativas de la existencia de preconcepciones, sino el resultado de un cierto imperativo social que les obliga a una "*inatención estratégica*", es decir, a dar una respuesta dedicándole el mínimo de atención necesaria para no chocar con el profesor.
- Al suponer que el desarrollo histórico de las ideas científicas se reproduce en cada individuo, se infravalora gravemente la potencia y cohesión de las ideas de los adultos en cualquier sociedad humana y se olvidan las diferencias de contexto y de propósito entre el pensamiento adulto y el infantil.

Una postura diametralmente opuesta es la que sostiene Preece (1984), quien para explicar la persistencia de las preconcepciones sostiene la hipótesis de que no son fruto de la experiencia, sino *ideas innatas* (lo que explicaría su semejanza con las concepciones históricas). Dicha hipótesis, sin embargo, no tiene en cuenta que las ideas intuitivas de los alumnos no son fácilmente adquiridas; por el contrario, son el resultado de un largo proceso basado en experiencias cotidianas en un cierto medio cultural.

A modo de resumen, cualquiera sea la postura asumida, la existencia de esquemas conceptuales espontáneos es difícilmente cuestionable. Por otra parte, consideramos que dichos esquemas tendrían en cierto modo la categoría de conocimientos pre-científicos, fruto de una epistemología del sentido común, próxima a la que explica la constitución de la física aristotélico-escolástica, vigente durante más de 20 siglos y cuyo desplazamiento por la física clásica no fue precisamente fácil. Este constituye un primer elemento explicativo de la persistencia de las preconcepciones.

Sin embargo, creemos que la existencia de preconcepciones no puede por sí sola justificar los resultados tan negativos logrados por la enseñanza habitual en la comprensión de los conocimientos científicos por los alumnos. Una mínima aproximación a la historia de las ciencias basta para darse cuenta de que los conocimientos científicos partieron y, a menudo, se enfrentaron con concepciones pre-científicas de una cierta coherencia. La existencia de concepciones pre-científicas, fruto de experiencias reiteradas, era algo perfectamente esperable. En las palabras del propio Bachelard (et. al): "*Me ha sorprendido siempre que los profesores de ciencias, en mayor medida, si cabe, que los otros, no comprendan que no se comprenda...No han reflexionado sobre el hecho de que el adolescente llega a la clase de física con conocimientos empíricos ya constituidos: se trata, pues, no de adquirir una cultura experimental, sino más bien de cambiar de cultura experimental, de derribar los obstáculos ya acumulados por la vida cotidiana*".

No sería, según esto, la existencia de preconcepciones en sí lo que explicaría los mediocres resultados obtenidos en el aprendizaje de conceptos, sino la "*falta de comprensión*" que señala Bachelard, es decir, *la posible inadecuación de la enseñanza para facilitar la adquisición de los conocimientos científicos*.

En ese sentido, se debe prestar atención a los análisis de los errores conceptuales contenidos en los mismos textos. Pero más grave que esta transmisión directa de concepciones incorrectas, es la visión que se transmite del trabajo científico: los conceptos son introducidos de forma aporética, es decir, sin referencia a los problemas que condujeron a su construcción (Otero, 1989) ni detenerse en los conflictos de ideas que el tratamiento de esos

problemas generó. De este modo se trivializa el cambio de ideas que la construcción de los conocimientos científicos supone, llegando incluso a presentarlos como expresión del sentido común, cuando constituyen precisamente la ruptura con las "evidencias" de ese sentido común. Se olvida, en definitiva, que *"las ciencias naturales, en su desarrollo contemporáneo, pueden caracterizarse epistemológicamente como dominios del pensamiento que rompen netamente con los conocimientos vulgares"* (Bachelard et. al).

La necesidad de nuevas estrategias de aprendizaje que hicieran posible el desplazamiento de las concepciones espontáneas por los conocimientos científicos, ha dado lugar a propuestas que coinciden básicamente en concebir el aprendizaje de las ciencias como una construcción de conocimientos, que parte necesariamente de un conocimiento previo. Se puede hablar así de la emergencia de un modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias.

Driver (1986) resume así las principales características de la visión constructivista:

- o Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.
- o Encontrar sentido supone establecer relaciones: los conocimientos que pueden conservarse permanentemente en la memoria no son hechos aislados, sino aquellos muy estructurados y que se relacionan de múltiples formas.
- o Quien aprende construye activamente significados.
- o Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

En este contexto, la estrategia de enseñanza que aparece cómo la más adecuada es la que plantea el aprendizaje a partir del abordaje de situaciones problemáticas de interés. Más aún existe un acuerdo general, entre quienes han estudiado la cuestión, en caracterizar como problemas aquellas situaciones que plantean dificultades para las que no se poseen soluciones hechas. La definición de Krulik y Rudnik (1980) resume bien este consenso: *"Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla"*.

Un mínimo análisis de la práctica docente habitual muestra, sin embargo, que los *problemas* son explicados como algo que se sabe hacer, como algo cuya solución se conoce y que no genera dudas ni exige tentativas: el profesor conoce la situación (para él no es un problema) y la explica linealmente, con toda claridad; consecuentemente, los alumnos pueden aprender dicha solución y repetirla ante situaciones idénticas, pero no aprenden a abordar un verdadero problema y cualquier pequeño cambio les supone dificultades insuperables provocando el abandono.

NUESTRA EXPERIENCIA

Consistió en una evaluación sobre los aprendizajes logrados sobre temas de cálculo diferencial una vez finalizada la unidad, a 83 alumnos de Ingeniería eléctrica. Ellos constituían la totalidad de la población de dicha especialidad en el período lectivo 2005.

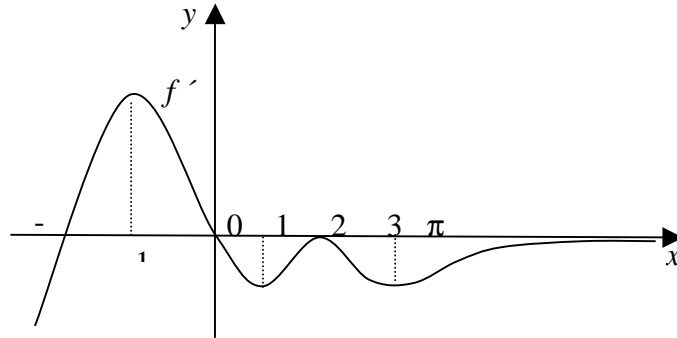
Luego llevamos a cabo un exhaustivo análisis sobre las producciones de los alumnos.

En primer término, desde una perspectiva epistemológica en cuanto a la relación entre el dominio conceptual (conceptos, propiedades, etc) y las respuestas producidas (Escudero y Moreira, 1999). Luego, analizamos desde la heurística que implica la resolución de problemas (Polya, 1984) cuales etapas no habían sido superadas por varios de estos alumnos. Finalmente, cuantificamos los errores encontrados y los enmarcamos en la categorización por nosotros establecida (Milevicich y Lois, 2004)

En cuanto a los problemas que formaron parte de la evaluación y de nuestro posterior análisis, hemos seleccionado, por cuestiones de espacio, dos de ellos que nos parecieron más relevantes.

Problema 1

1) En la figura se muestra la gráfica de la derivada f' , de una función f .



- a) Grafique f''
- b) ¿En cuales valores de x , f tiene un extremo?
- c) Analice la concavidad de f y escriba sus conclusiones.

Un total de 18 alumnos no lo resolvieron, con lo cual inferimos que no conocían la relación entre la función y la función derivada. Esto significa un 21.7 % sobre la población total. En cuanto al total de alumnos que resolvió en problema, al menos parcialmente, esto representa un 78.3 % también sobre la población total. En estos casos, al análisis de los errores encontrados permitió distribuirlos de la siguiente manera:

Error detectado	Cantidad de alumnos que cometen este error	Porcentaje sobre el total de alumnos
Dibujan bien f y f'' pero indican incorrectamente máximos y mínimos, así como los intervalos de concavidad y convexidad. Existe una <i>falta de control</i> : no verifican la equivalencia de la respuesta dada en los entornos gráfico y analítico	8	9.6 %
Indican correctamente el máximo de la función así como los intervalos de concavidad y convexidad pero el grafico que realizan no se corresponde con la f' dada. Existe una <i>falta de control</i> : no verifican la equivalencia de la respuesta dada en los entornos gráfico y analítico	7	8.4 %
Utilizan <i>estrategias de resolución inadecuadas</i> para calcular extremos e identificarlos	9	10.8 %
Analizan los extremos de la función a partir de los casos en que $f' = 0$, sin verificar si realmente es un extremo. Es el tipo de error que denominamos <i>omisión del análisis exhaustivo de todos los casos posibles</i>	24	28.9 %

Problema 2

Una persona cuya altura es 1,70 m, sube por una rampa inclinada ($\alpha = 10^\circ$) con una velocidad constante de 1,5 m/s. Pasa junto a una farola de 8 m de altura. Calcular la velocidad del extremo de la sombra de la persona producida por la misma persona.

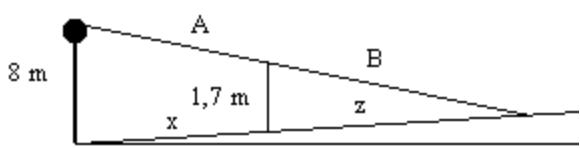
En este caso 57 alumnos no resolvieron el problema y 4 alumnos sólo realizaron un bosquejo incompleto. Esto representa un 73.5 % de la totalidad de alumnos evaluados.

Esta evidencia apoyada por los comentarios vertidos por muchos de ellos a posteriori, nos han permitido afirmar que poseen, al menos nuestros alumnos de ingeniería, serios obstáculos para leer un problema significativamente. Esto es: entender lo que dice y lograr una representación mental de la situación. En consecuencia les resulta imposible pasar a una etapa posterior que implica la confección de un esquema o gráfico.

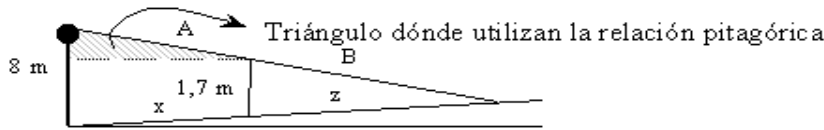
Un total de 22 alumnos llegaron a esta etapa: 26.5 % sobre el total. Ellos evidencian problemas en cuanto a: identificar los datos, encontrar una ecuación que involucre a los datos y sea adecuada al problema, analizar el resultado encontrado verificando si es físicamente aceptable y registrar en forma escrita los puntos claves en el proceso de solución.

Sin embargo, observamos que el obstáculo que subyace en casi todos los errores encontrados es la imposibilidad de situar el sistema de referencia a fin de facilitar la resolución del problema.

Respecto de las producciones de este grupo, el análisis de los errores encontrados permitió distribuirlos de la siguiente manera:

Error detectado	Cantidad de alumnos que cometen este error	Porcentaje sobre el total de alumnos
No utilizan adecuadamente la semejanza de triángulos.	3	3.8 %
		
Ellos establecen la relación: $\frac{A}{8} = \frac{B}{1,7}$		
Este error corresponde a la categoría <i>aplicación incorrecta de propiedades</i>		
No consideran al farol y al hombre en ejes paralelos. Este error corresponde a la categoría <i>interpretación incorrecta de las consignas o enunciados</i>	3	3.8 %
Ubican al hombre en la rampa inclinada 10° pero no proceden de la misma manera con el farol. A éste lo ubican “bajo” la rampa. Consideramos que esto se debe a una <i>interpretación incorrecta de enunciados</i>	2	2.4 %
Le otorgan valores arbitrarios a la distancia recorrida por el hombre, sin tener en cuenta, precisamente, que esta es variable Consideramos a este error como una <i>interpretación incorrecta de enunciados</i>	3	3.8 %

El triángulo que seleccionan, si bien es rectángulo, no aporta ninguna relación que les permita resolver el problema. Lo categorizamos como una *aplicación de estrategias de resolución inadecuadas*



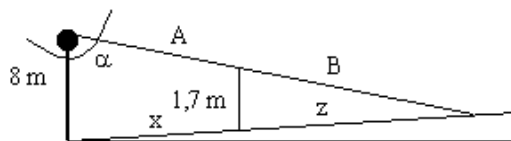
No tienen en cuenta el ángulo de inclinación de 10° , que constituye uno de los datos del problema. Nuevamente existe una *aplicación de estrategias de resolución inadecuadas*

No analizan el dominio de la función. Dan por supuesto que la función tiene dominio \mathbb{R} . Este tipo de error corresponde a una *omisión del análisis exhaustivo de todos los casos posibles..*

Derivan incorrectamente: $\frac{d}{dx} x = x$
 Consideramos que existe una *falta de control*

Aplican la relación pitagórica a los ángulos.
 Un alumno planteó la siguiente igualdad: $(10^\circ)^2 + (80^\circ)^2 = h^2$
 Categorizamos a este error como una *aplicación incorrecta de propiedades*

Aplican el teorema del coseno correctamente. Sin embargo esto nos los conduce a ninguna relación que contribuya a la solución del problema.



$$(x+z)^2 = 8^2 + (A+B)^2 - 2 \cdot 8 \cdot (A+B) \cdot \text{Cos}\alpha$$

Clasificamos a este error como una *aplicación de estrategias de resolución inadecuadas*

CONCLUSIONES

Estos alumnos supuestamente habían concluido con el aprendizaje del cálculo diferencial y sus aplicaciones. Sin embargo sus producciones muestran errores conceptuales, algunos de ellas debidas a preconcepciones incorrectas que en las estrategias de enseñanza no fueron tomadas en cuenta. Tal es el caso de la semejanza de triángulos o la relación pitagórica entre ángulos.

También observamos que la enseñanza habitual basada en la creencia de que basta transmitir los conocimientos científicos de forma clara y ordenada para que los alumnos los comprendan no ha resultado efectiva. El 21.7 % de nuestros alumnos no pudieron comenzar el problema 1, y un 31.7 % adicional no pudieron caracterizar correctamente una función a partir de su derivada. Sin embargo, seguramente varios alumnos evaluados comprendidos en este 53.4 %, hubieran podido enumerar las propiedades de la derivada de una función.

Concebir el aprendizaje de las ciencias como una construcción de conocimientos, que parte necesariamente de un conocimiento previo y elaborar estrategias que propicien este tipo de aprendizaje, contribuiría a la superación de los obstáculos.

Por otra parte, se debiera reflexionar con los docentes acerca de qué es lo que los científicos hacen cuando tienen que habérselas con auténticos problemas para ellos. La respuesta en este caso es simplemente que: “*se comportan como investigadores*”. Y si bien es verdad que expresiones como investigación, metodología científica o método científico no tienen una clara significación unívoca traducible en etapas precisas (Gil y Guzmán, 1993), resulta indudable que el tratamiento científico de un problema posee unas características generales que habría que tener en cuenta también en los problemas de lápiz y papel. Cabe pues preguntarse cual es la razón de que ello no ocurra.

Finalmente, queremos remarcar la importancia de las estrategias de enseñanza seleccionadas. La inclusión de los datos en el enunciado como punto de partida, respondiendo a concepciones inductivistas, orienta la resolución hacia el manejo de unas determinadas magnitudes sin que ello responda a una reflexión cualitativa ni a las subsiguientes hipótesis.

De este modo, al resolver un problema, el alumno se ve abocado a buscar aquellas ecuaciones que pongan en relación los datos e incógnitas proporcionados en el enunciado, cayendo así en un puro operativismo.

La comprensión que la presencia de los datos en el enunciado, así como la indicación de todas las condiciones existentes, responde a concepciones inductivistas y orienta incorrectamente la resolución, constituye un paso esencial en el desbloqueo de la enseñanza habitual de problemas y sus limitaciones. Dicen Gil Y Guzmán (et. al) que ello genera un desconcierto inicial, porque choca con la práctica reiterada, con lo que siempre se ha hecho. “*Un enunciado sin datos, se señala, ¿no será algo excesivamente ambiguo frente a lo cual los alumnos acaben extraviándose?. Ahora bien, la ambigüedad, o, dicho con otras palabras, las situaciones abiertas, ¿no son acaso una característica esencial de las situaciones genuinamente problemáticas?. ¿Y no es también una de las tareas fundamentales del trabajo científico acotar los problemas abiertos, imponer condiciones simplificadoras?*”

Subsiste, naturalmente, la cuestión de cómo orientar a los alumnos para abordar dichas situaciones. Creemos que los contextos de enseñanza aprendizaje debieran ahondar en la resolución de problemas donde se coloque al alumno en la posición de un *incipiente investigador* que por una parte le permita reflexionar sobre la validez de sus preconcepciones para abordar el problema, sobre las representaciones mentales que es capaz de realizar, sobre posibles caminos de solución. Y por la otra, se debiera prestar más atención a la utilización de estrategias, no solamente declaradas en las planificaciones, que no induzcan la solución sino más bien que sirvan de guía, tal como aquellos indicadores a lo largo de un camino que dan indicio de que uno no se ha perdido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL D.P., 1978. *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas: México)

BACHELARD, G., 1938. *La formation de l'esprit scientifique*. (Vrin: París)

- CARAMAZZA A., McCLOSKEY M. y GREEN B.,** 1981. *New beliefs in "sophisticated" subjects: misconceptions about trajectories of objects.* *Cognitions*, 9, 117-123.
- DRIVER R. y EASLEY J.,** 1978. *Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students.* *Studies in Science Education*, 10, 37-70.
- DRIVER R.,** 1986. *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos.* *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- ESCUDERO, C. y MOREIRA, M. A.,** 1999. *La V epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas.* *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 61-68
- GIL PÉREZ, D. Y GUZMÁN OZÁMIZ, M.,**1993. *Enseñanza de Las Ciencias y la Matemática. Tendencias e Innovaciones.* (OEI) Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- GILBERT J.,K., OSBORNE R.,J. y FENSHMAN P.,J.,** 1982. *Children's Science and its consequences for teaching.* *Science Education*, 66 (4), 623-633.
- GIORDAN A.,** 1985. *Interés didáctico de los errores de los alumnos.* *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (1), 11-17.
- KRULIK S. y RUDNICK K.,** 1980. *Problem solving in school mathematics.* National council of teachers of mathematics. Year Book. (Reston: Virginia)
- MILEVICICH, L. y LOIS A.** 2004. *Categorización de los errores que cometen los alumnos en matemática.* Ponencia presentada en la IV Conferencia Argentina de Educación Matemática, organizada por la Sociedad Argentina de Educación Matemática (7-8-9 de octubre 2004). Buenos Aires. Argentina
- OTERO J.,** 1989. *La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar.* *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 223-228.
- OSBORNE R. y WITTRICK M.,** 1983. *Learning Science: a generative process.* *Science Education*, 67, pp 490-508.
- PIAGET J,** 1971. *Psicología y Epistemología.* (Ariel: Barcelona)
- POLYA G.,** 1984. *Cómo plantear y resolver problemas.* (Trillas: México)
- PREECE P.,F.,** 1984. *Intuitive Science: Learned or Triggered?.* *European Journal of Science Education*, 6 (1), 7-10.
- VIENNOT, L.**1976. *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire.* Tesis doctoral. Université Paris 7. (Publicada en 1979 por Herman: París).
- VIGOTSKY L.,S.,** 1973. *Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar.* Psicología y Pedagogía. (Akal: Madrid)