

La ciencia en la escuela.
Su fragilidad y cómo fortalecerla

Guillermo Colino

**La ciencia en la escuela.
Su fragilidad y cómo fortalecerla**

*Herramientas para la transposición
didáctica en ciencias*

Colección *En las aulas*

 **Lugar**
Editorial

Colino, Guillermo

La ciencia en la escuela : su fragilidad y cómo fortalecerla : herramientas para la transposición didáctica en ciencias . - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Lugar Editorial, 2014.

150 p. ; 23x16 cm. - (En las aulas)

ISBN 978-950-892-445-2

1. Formación Docente. 2. Ciencias Naturales.

CDD 371.1

Directoras de colección: Silvia Hurrell y Cecilia Tanoni

Edición: Juan Carlos Ciccolella

Corrección de estilo: María Soledad Gómez

Diseño de tapa: Silvia C. Suárez

Diagramación: Fernando Lendoiro

A Fernanda, Sasha, Zoe, Lupe
y, por supuesto, Hernán.

Y a todos los curiosos.

© 2014 Guillermo Colino

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro, en forma idéntica o modificada y por cualquier medio o procedimiento, sea mecánico, informático, de grabación o fotocopia, sin autorización de los editores.

ISBN: 978-950-892-445-2

© 2014 Lugar Editorial S. A.

Castro Barros 1754 (C1237ABN) CABA

(54-11) 4921-5174 / (54-11) 4924-1555

lugar@lugareditorial.com.ar

www.lugareditorial.com.ar

facebook.com/Lugareditorial

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en la Argentina – Printed in Argentina

Agradecido de corazón:

A Ana María Seimandi, quien con su enorme y desbordante pasión durante quince años en el Colegio Aletheia me introdujo a la didáctica de las Ciencias Naturales.

A Melina Furman por sus tutorías en FLACSO, altamente claras y enriquecedoras.

A Lydia Galagovsky, quien en los seminarios de la UBA me hizo ver un poco más allá y compartió sus vastas investigaciones.

Quisiera que este libro fuera como lanzarse al mar en una rudimentaria balsa para tener aventuras, sin seguridades, con muchísimas más dudas que certezas, con riesgos e incertidumbre, con más preguntas que respuestas, y por ello, con múltiples posibilidades.

Nos invito a combatir a la enseñanza tradicional de las ciencias, que solo convida aburrimiento y bostezos, en largas huelgas de creatividad. ¿Cómo? Provocando huracanes de curiosidad, tsunamis de interés y maremotos de entendimiento.

Así como a fines del siglo XIX cobró gran fuerza la alfabetización lingüística, hace ya unos años pasó a ser tanto o más importante una “alfabetización científica”, dado el incesante y veloz avance de los conocimientos científico-tecnológicos y el reconocimiento de la necesidad de que el ciudadano común tenga una opinión entendida y crítica acerca de temas como la manipulación genética, las células madre, los alimentos transgénicos, la nanotecnología, los peligros ambientales, el cambio climático.

La alfabetización científica escolar es una combinación dinámica de habilidades cognitivas, lingüísticas y manipulativas, actitudes, valores, conceptos, modelos e ideas acerca de los fenómenos naturales y sus formas de investigarlos.

En la sociedad en que nos toca vivir, hay ciertos saberes y formas de hacer de la ciencia y la tecnología que se volvieron tan útiles e imprescindibles como la lectura, la escritura y el cálculo. ¿Por qué no modificar, desde el nivel inicial y la primaria, el lugar que ocupan las ciencias naturales ya desde la carga horaria semanal asignada? ¿Alguien tiene una buena razón sobre por qué en la primaria aún hay seis horas semanales de Lengua y solo tres de Ciencias Naturales?

Nuestro enemigo es la *fragilidad de la ciencia escolar*. Hay que atraparlo en su propio sistema, que es donde se mueve más confiado. De eso trata este libro, de tenderle trampas en el aula, en el pizarrón, en los manuales, en las planificaciones copiadas de otros colegas o



de nosotros mismos recurriendo a lo que hicimos años anteriores. En su libro *El respeto o la mirada atenta*, el filósofo Josep Esquirol afirma que la fragilidad siempre acompaña lo humano, y que al percibirla nos hace más responsables y nos lleva a un mayor respeto.

Demasiado escasas son las horas semanales destinadas a ciencias por la currícula para que en ese tiempo les pidamos a nuestros alumnos que resuelvan “sopas de letras” y adivinanzas, realicen actividades de Plástica con frutas y verduras, o practiquen metodologías de estudio. Y

si estás pensando que esto convertirá tus clases en aburridas, podrías intentar introducirlos al tema con humor y con arte, contarles experiencias increíbles de la historia del conocimiento, maravillarlos con experimentos, hacerlos pensar mediante analogías, utilizar TICs, explorar las salidas didácticas, estimularlos a investigar temas que les interesen, desafiarlos con problemas y modelizaciones.

Por otro lado, no es ninguna novedad que es muy difícil aprender cualquier didáctica. Y esto angustia. Y el angustiado suele buscar seguridad en los sistemas y las recetas, esos castillos de etapas ordenadas y aparentemente eficaces. Pero lamentablemente, dado que la ciencia no se construye de ese modo, tampoco se la puede enseñar así.

Entonces, debemos lograr que en las horas de ciencias los niños desarrollen actitudes y procedimientos propios de las ciencias.

Insisto, *en las horas de ciencias, ¡que los niños desarrollen actitudes y procedimientos propios de las ciencias!*

Capítulo 1

De la búsqueda de la verdad

Prefiero la ciencia a la religión. Si me dan a escoger entre Dios y el aire acondicionado, me quedo con el segundo.
Woody Allen

Los hombres (y las mujeres...) de todas las culturas y civilizaciones han buscado desde siempre la Verdad, comprender la realidad circundante con las respuestas a aquellas preguntas fundamentales e inquietantes, con distintos métodos y por diferentes caminos.

Algunos se basaron en las religiones, los mitos y creencias; otros utilizaron la poesía y otras artes; otros, la ciencia y el razonamiento; y otros, la imaginación, la magia, la astrología, los sueños.

¿O acaso estos versos no son una búsqueda de respuestas acerca de los estados de la materia?

Las cosas verdaderamente importantes
no son sólidas.
¿Qué forma tienen la libertad o el amor?
¿Serán líquidos que llenan desde abajo
o gaseosos que ocupan plenamente?
Tal vez su insolidez,
su posibilidad de ruptura
y su necesidad de cuidado
sea lo que las convierta
en verdaderamente importantes.

Pregunto: ¿esta forma es menos válida que la de la ciencia?
Y... no sé.

Sabemos que las raíces de todas estas formas datan de cientos de años. Y que son tan distintas que no se contradicen unas a otras, entonces lo ideal sería complementarlas.

En vez de elegir alguna, necesitamos todas las formas posibles de conocer, todas las formas de buscar la verdad. La Ciencia solo es una. La Fe es otra. No son opuestas para nada. Son formas diferentes de contestar las preguntas más importantes, aquellas teñidas de filosofía y que hacen que la vida sea un gran misterio.

Yendo a lo cotidiano, todos sabemos que la ciencia tiene explicaciones que no concuerdan con otras visiones. Brindo un ejemplo: para la ciencia, el corazón es un músculo hueco que consta de cuatro cavidades, llamadas ventrículos y aurículas, cuya función es bombear la sangre desde y hacia todo el cuerpo. Pero para el saber popular, el corazón es el recipiente y productor del amor y de la generosidad, hecho que se plasma en frases cotidianas como “¿Viste cómo comparte? Tiene un corazón enorme”.

La ciencia occidental, tal como la conocemos, se originó en Grecia alrededor del año 300 a.C. a partir de la indagación, que buscaba explicaciones racionales al mundo circundante mediante debates y consensos.

Muchos siglos después, ya en nuestros días, el cantautor español Joan Manuel Serrat escribió: “... pero las musas han pasao de ti”, y cuando decimos inspiración, solemos relacionarla a las musas. Esas musas griegas, diosas inspiradoras del arte y de las ciencias, aportaban creatividad e inspiración a diversos oficios.

La musa de la ciencia era Urania, musa de la astronomía, representada con un compás, una corona de estrellas y una esfera.



Urania, en la mitología griega, musa de la astronomía y la astrología.

Los griegos nombraron *Aletheia* a la verdad o al descubrimiento, el quitar el velo que cubre algo. Por ello, el filósofo español Ortega y Gasset decía que la ciencia es la interpretación de los hechos, ya que estos, por sí mismos, ocultan la realidad. Sin hechos, no habría problemas ni enigmas, nada oculto para descubrir. Mucho antes, René Descartes afirmaba que descubriría las leyes que Dios había impuesto a la naturaleza.

Mientras algunos científicos alegan que verdadero es solo aquello que puede ser constatado según el método científico puro, sabemos que hay otras verdades no constatables para la ciencia, pero no por ello menos verdaderas. Hechos históricos, procesos emocionales y experiencias religiosas estarían entre esos sucesos no mensurables pero ciertos. Sin duda, necesitamos un tipo de conocimiento más integrado.

Los mejores científicos se han dejado llevar por la pasión por la verdad. Una pasión y un deseo que conllevan la búsqueda de la belleza, de la elegancia intelectual y de la comprensión del universo.

Los científicos actúan con una fe práctica, con un compromiso que es independiente de las evidencias que manejan. En esto no se distinguen demasiado de la pasión y el modo de actuar de los creyentes religiosos más apasionados.

Un artista expresa con destreza lo que su conciencia perciba, mostrándonos así formas alternativas a nuestra manera de ver el mundo, de vivir y de experimentarlo. El arte nos puede develar aspectos de la realidad que no son públicamente accesibles, ni mensurables, ni predecibles, pero que, sin embargo, son igualmente verdaderos.

Un ejemplo de ello es la obra de Salvador Dalí *La persistencia de la memoria* (1931), ícono de la teoría de la relatividad.



La persistencia de la memoria. Dalí, 1931.

La religión responde a la creencia o el sentimiento de que existe una realidad objetiva de valor supremo. Muchos científicos rechazan que se pueda inferir de la experiencia individual la existencia de una realidad espiritual suprema, porque las experiencias religiosas no concuerdan con su definición de evidencia.

En su libro *Crónicas del ángel gris*, Alejandro Dolina nos presenta a la Sociedad de Científicos Sentimentales que, harta de la deshumanización de las disciplinas científicas, le puso un poco de sangre a ese frío mundo. Sus integrantes creían en la búsqueda de la casualidad y postulaban que, dado que grandes descubrimientos se realizaron casualmente, parecía una buena idea disimular el verdadero propósito de una investigación. Así, para encontrar una estrella debía buscarse un microbio. Y su fundador se jactaba de haber hallado un remedio contra el mal aliento mientras buscaba la piedra filosofal. Ya en el siglo XVIII, el italiano Lázaro Spallanzani señalaba el papel del azar en el descubrimiento científico (que se manifestaría en Newton y su manzana, Galvani y su rana, Oersted y su hilo).

El mundo moderno no solo originó la ciencia, sino que, además, la entronizó socialmente, porque junto a ella estaban sus promesas de llegar a la verdad y cambiar el mundo, mejorándolo. La ciencia, a diferencia de la religión, no prometía otro mundo celestial; los cambios serían concretos y objetivos, se darían en este mundo y de ellos se serviría toda la humanidad.

La visión actual de la ciencia nos muestra que es *autocorrectiva*, un modelo tan avanzado que se va mejorando a sí mismo mediante demostraciones para librarse de falsedades, o sea que todo modelo puede ser reemplazado por otro, sus teorías son perfectibles y jamás se puede afirmar que sean la verdad última, no admitiendo dogmas ni autoridad. En cambio, las religiones no tienen este mecanismo y están conformadas por creencias. Sin embargo, el hombre sigue haciéndose preguntas para las que la ciencia no tiene respuestas, como las necesidades espirituales, para qué vivimos, la muerte... Y ahí es donde las religiones encuentran su espacio.

En su libro *Ideas sobre la complejidad del mundo*, Jorge Wagensberg postula solo tres tipos relevantes de conocimiento, combinables entre sí: el científico, el artístico y el divino. Como ejemplos de combinación:

Picasso y Darwin (científico + artístico)
Kafka y Van Gogh (artístico + divino)
Dalí (científico + divino + artístico)

Y siendo el conocimiento una aproximación a la realidad, afirma que se usa el método científico si la respuesta es obvia o asequible empíricamente, se acude al método divino si es imposible de comprobar, y de ser un caso intermedio, se puede probar con el arte.

Hacer ciencia es observar, experimentar, maravillarse, plantearse preguntas, sorprenderse, querer conocer más y más. Y por suerte, la vida cotidiana es una fuente inagotable, porque las preguntas son el motor de la ciencia. Entender científicamente un arco iris no nos debiera privar de su poesía y emoción.

Hace poco, durante un proyecto de reproducción vegetal en sexto grado, una alumna me sorprendió al preguntar:

¿Las flores también se enamoran?

Esta pregunta originó una nueva consigna de trabajo:

¿Qué crees que sentirías si fueses una planta?

Algunas respuestas de los alumnos fueron:

Estoy cansada de mirar siempre el mismo paisaje, de levantarme cada mañana con los rayos del sol. Soy una lirium y por mis colores parece alegre, pero estoy indefensa en un mundo en el que casi no importo.

Qué aburrido: no me puedo mover, no puedo sentir dolor, me arrancan hojas y yo ni me muevo.

Solo vivo para reproducirme. Vivo, pero no pienso.

Cuando veo a una planta femenina agitándose con el viento, me enamoro.

Aunque soy una planta también me pongo triste o feliz, nerviosa, me enojo, tengo celos. Me emociono cuando me crece cada flor.

Estoy enamorado de Jazmín, mi amiga Margaret me dice que le proponga fecundación, pero me da vergüenza.

Las plantas nos comunicamos mediante pensamientos y hablamos de las mismas cosas que los humanos.

No me gusta que los animales me toquen, ni haber tenido que alejarme de mi madre para poder crecer.

Soy polen y apenas maduré ya me pegué a la pata de un pájaro. Tuve la suerte de caer en el estigma de una rosa y a los pocos días me creció el tubo polínico, fue el trabajo más duro y doloroso. Estar en el estilo fue tan... ¡encerrante!

Ahora formé un fruto, pero pensé que sería más fácil.

Curiosidad y angustia, ¿dos caras del mismo motor?

Nuestra evolución como especie devino de la *curiosidad* y la *angustia* ante lo desconocido. Ambas llevaron a querer saber más y así dejar de tener miedos, a la vez que impulsaron la invención de máquinas, construcciones, servicios y sustancias anti-temor, como los despertadores, las alarmas, las murallas, las lámparas, las heladeras, los pararrayos, los diques, los antiinflamatorios, los analgésicos, los seguros, etc.

No estaría nada mal que los adultos volviéramos a la “edad de los porqué”. Lamentablemente nos han dicho tantas veces frases como:

- ¡No seas curioso!
- ¿Qué te importa?
- ¡No te metas!

...que irremediamente se confundió la curiosidad con la molestia. Sin embargo, en esa curiosidad está la semilla del conocimiento. La escuela tradicional, con su orden en el aula, sus contenidos desactualizados y objetivos lejanos a los intereses de los niños de hoy, contribuyó al “asesinato de la curiosidad”. Así como Picasso señalaba que todos los niños nacen artistas, también nacen científicos (recuerden su propia niñez tratando de quemar algo haciendo pasar los rayos del sol por una lupa o desarmando autitos y robots de juguete).



Dibujo hecho por los niños sobre la reproducción de las plantas.

¿Qué hacer después de la salida?

El aprendizaje no se produce en una sola instancia; es un proceso continuo, ocurre a través del tiempo y mediado por factores sociales y culturales. En nuestro caso, este proceso sigue aún tiempo después de haber concluido la visita.

Mediante estas experiencias en los museos de ciencias, no solo buscamos que nuestros alumnos “aprendan” lo máximo posible, sino que además intentaremos producir actividades luego de la salida, que serán críticas para reforzar lo aprendido. De regreso al aula, retomaremos las discusiones realizadas *antes* y *durante* la salida, y plantaremos nuevas cuestiones, en función de las reacciones de los alumnos ante la visita y de las nuevas ideas que hayan podido construir. Los guiaremos para que comparen lo que vieron con lo que esperaban ver, intentaremos que relacionen lo que vieron con sus experiencias personales y con lo que han estudiado.

Como resultado de esta puesta en común con los estudiantes, formularemos sus aportes e indicaremos los resultados obtenidos por la comunidad científica, para luego plantear nuevas preguntas, nuevos experimentos que les permitan continuar y profundizar la experiencia de la visita al museo.

Capítulo 15 Las artes en la didáctica

*Sé que el arte es hermano de la ciencia,
ambos hijos de un Dios fugaz.*
Gilberto Gil

El entrecruzamiento de miradas sensibles y renovadas sobre imágenes, textos y recorridos de la ciencia puede estimular la creatividad, la imaginación y el amor hacia los fenómenos. ¿O no es una excelente manera de ver el mundo integrar el arte y la ciencia?

El cine y el teatro son formas de narrar, así como lo son la literatura, la pintura, la escultura, etc. Las artes, en general, y las ciencias, a su modo, narran historias.

Vivimos en una sociedad eminentemente visual, por lo que los medios audiovisuales como el cine y la TV son las principales fuentes de conocimiento histórico para la mayoría de la población.

El cine ha sido útil a los científicos como documento de estudio y como vehículo de divulgación de la ciencia. La ciencia le ofrece al cine otra aproximación a la realidad. Y su cruce ilumina la sensibilidad y el saber.

El cine se nutre de la realidad, y la ciencia necesita de la imaginación para avanzar. Tanto el cine como el teatro constituyen un gran universo con diversos mundos que podemos aprovechar para las clases. Hay mucho material cinematográfico y textos teatrales atractivos que nos servirán para realizar actividades que complementen otras más tradicionales. Podremos introducirnos en el interior mismo de la ciencia, a través de la observación y discusión de materiales literarios, cinematográficos y teatrales.

El catalán Fernando Hernández propone colocar imágenes (una científica y otra artística) en relación, en puente y analizar qué sucede

en cada alumno. Ninguna mirada es inocente y somos nosotros quienes “hacemos hablar a las imágenes”. El espacio en blanco entre las dos imágenes es el lugar de las relaciones y la posibilidad de construir un nuevo relato.

El científico loco

La cultura popular crea estereotipos y asigna ciertas características a los que ejercen una profesión: los abogados sacan provecho de la miseria de los otros; los artistas son bohemios; los ingenieros, detallistas; y la lista sigue con cada una de las actividades humanas.

A los científicos se los asocia con la obsesión y la locura. Para el imaginario popular, la mayoría son hombres mayores, calvos o con los pelos parados, distraídos, con una cierta dosis de ingenuidad y preocupados solamente por lo que pasa en su laboratorio. De hecho, si pedimos a los chicos que dibujen a un científico, nos encontraremos con una amplia mayoría de este tipo:



Dibujos de científicos realizados por alumnos.

Como en todos los casos, las generalizaciones son injustas, aunque pueden tener algo de realidad. El cine y la literatura de ficción aportaron lo suyo. Desde el Dr. Frankenstein (1817) de Mary Shelley o el Dr. Rotwang de Fritz Lang hasta el Dr. Moreau, pasando por una extensa lista de personajes de películas (como el Dr. Strangelove del *Dr. Insólito*) y dibujos animados, los autores transformaron fácilmente al “científico preocupado por descubrir las leyes del universo”

en el “villano/loco obsesionado con dominar el universo”. La mente del científico procesa la información de un modo más metódico que los demás y eso le demanda focalizar toda su atención en el proceso, razón por la cual se lo ve demasiado abstraído; una imagen que se nutre de estereotipos de la literatura y el cine y que poco tiene que ver con el científico real.

Algunas películas que tratan temas científicos y pueden utilizarse con los alumnos

- *Memento*, *La mente de Menno* y *Buscando a Nemo* (sobre las memorias).
- *Total recall*, *El vengador del futuro* (sobre la implantación de recuerdos).
- *Despertares* (sobre encefalitis letárgica, bioética).
- *Casas de fuego* (mal de Chagas).
- *El núcleo*, *Magma*, 2012 (geología).
- *Un milagro para Lorenzo* (búsqueda de una cura).
- *Vera Drake* (aborto).
- *Yo y mis otros yo* (clonación humana).
- *Ósmosis Jones* (funcionamiento del cuerpo, sistema inmunológico).
- *Y la banda siguió tocando*, *Filadelfia* (sida).
- *Gattaca*, *Xmen* (bioética y genética).
- *Inteligencia artificial*, *Minority Report*, *Yo Robot*, *Tron* (inteligencia artificial).
- *Mar adentro* (eutanasia).
- *Apolo XIII* (trabajo en equipo, el científico como ser humano, toma de decisiones, especialistas, análisis de problemas complejos, invención de algo simple y efectivo con elementos de la nave para resolver un problema, gravedad, trayectoria, vuelo libre, principio de acción y reacción).
- *Una creación del Señor* (implicancias sociales de los avances científicos, cuestión de género, acogida de los nuevos descubrimientos, aplicación del método científico).
- *Los niños del Brasil*, *Jurassic Park*, *Splice* (genética).
- *La historia de Karen Carpenter*, *A los 13* (anorexia).
- *Super size me* (malnutrición).
- *El único* (nuevas teorías sobre el multiverso o universos alternativos).
- *El día después de mañana* (cambio climático).

Bibliografía general ampliatoria

- ALJANATI, D. y WOLOVELSKY, E. (1996). *La vida en la Tierra*. Buenos Aires, Colihue.
- CABANELLAS, I. y ESLAVA, C. (2005). *Territorios de la infancia*. Barcelona, Grao.
- CAMPANARIO, J. M. (1997). “¿Por qué a los científicos y a nuestros alumnos les cuesta tanto, a veces, cambiar sus ideas científicas?”, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 11.
- CANDELA, M. A. (2001). *Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México, Paidós.
- CARRETERO, M. (1998). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Buenos Aires, Aique.
- CEREIJIDO, M. (2009) *La ciencia como calamidad*. Barcelona, Gedisa.
- CHALMERS, A. D. (1982). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid, Siglo XXI.
- CHARPAK, G.; LENA, P; QUERE, Y. (2006). *Los niños y la ciencia, la aventura de la mano en la masa*. Buenos Aires, Siglo XXI.
- CREASE, R., (2006). *El prisma y el péndulo*. Barcelona, Crítica.
- DAHLBERG, G.; PENCE, A.; MOSS, P. (2005). *Más allá de la calidad educativa*. Barcelona, Grao.
- FRIEDL, A. (2005). *Enseñar ciencias a los niños*. Barcelona, Gedisa.
- FURMAN, M.; ZYSMAN, A. (2001). *Ciencias Naturales: aprender a investigar en la escuela*. Buenos Aires, Novedades Educativas.
- FURMAN, M.; DE PODESTÁ, M. E. (2009). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*, Buenos Aires, Aique.
- GALAGOVSKY, L. (2004). “Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: el modelo teórico”, *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), ICE Barcelona, pp. 230-240.
- GALAGOVSKY, L. (2004). “Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: derivaciones comunicacionales y didácticas”, *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), ICE Barcelona, pp. 349-364.

- GALAGOVSKY, L. (2005), "Modelo de aprendizaje cognitivo sustentable como marco teórico para el modelo didáctico analógico", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, Barcelona.
- GALAGOVSKY, L. Y ADÚRIZ BRAVO, A. (2001). "Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico", *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), Barcelona, pp. 231-242.
- GALAGOVSKY, L., ADÚRIZ BRAVO, A.; GARÓFALO, J.; GRECO, M. (2005), "Modelo didáctico analógico. Marco teórico y ejemplos", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, Barcelona.
- GALAGOVSKY, L. Y GRECO, M. (2009). "Uso de analogías para el 'aprendizaje sustentable': el caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes". *Revista Electrónica de Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, año 4, núm. especial 1, NIECYT-UNICEN, pp 10-33.
- GELLON, G., ROSENVASSER FEHER, E., FURMAN, M., GOLOMBEK, D. (2006). *La ciencia en el aula*. Buenos Aires, Paidós.
- GOLOMBEK, D. (1998). *Cerebro: últimas noticias*. Buenos Aires, Colihue.
- HARVEY, W. (1970). *De motu cordis*. Buenos Aires, Eudeba, 1970.
- HEWITT, P. (1995). *Física conceptual*. Washington, Adisson-Wesley.
- HOYUELOS, A. (2004). *La ética en el pensamiento y obra pedagógica de Loris Malaguzzi*. Barcelona, Octaedro Rosa Sensat.
- IZQUIERDO, M.; RIVERA, L. (1997). *La estructura y la comprensión de los textos de ciencias*. Madrid, Alambique.
- JIMENEZ ALEXANDRE, M. P. (2010). *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona, Grao.
- KOZAK, D. (2010). *Escuela y TICs: los caminos de la innovación*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- KUHN, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica.
- MAURY, J. P. (2000). *Galileo*. Barcelona, Ediciones B.
- MINGOTE, A. Y SÁNCHEZ RON, J. M., (2008). *¡Viva la ciencia!* Barcelona, Crítica.
- NASIF, NORMA Y LAZARTE, J. (2004). *El desarrollo de las ideas en las ciencias naturales desde una perspectiva histórica y epistemológica*. Tucumán, Edic. Universidad Nacional de Tucumán.
- NOVAK, J. D., (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid, Alianza Universidad.
- OSBORNE, R.; FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid, Narcea.
- PERALES, F. J.; CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid, Marfil Alcoy.
- POSADA, J. M. (2000). *El estudio didáctico de las ideas previas*. Madrid, Marfil Alcoy.
- POZO, J. I.; GÓMEZ-CRESPO, M. A., (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid, Morata.
- POZO, J.I.; SANZ, A.; GÓMEZ, M.A.; LIMÓN, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: Una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9.
- PUJOL, R. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid, Síntesis.
- WEISSMAN, H. (1997). *Nuevo Manual de la UNESCO*. Buenos Aires, Paidós.
- WITCOVSKI, N. (2007). *Una historia sentimental de las ciencias*. Buenos Aires, Siglo XXI.

Prólogo	7
Capítulo 1.	
<i>De la búsqueda de la verdad</i>	9
Curiosidad y angustia, ¿dos caras del mismo motor?.....	14
Capítulo 2.	
<i>La educación científica en la sociedad actual</i>	17
Capítulo 3.	
<i>Análisis de la ciencia en la escuela</i>	21
Los problemas de la ciencia en la escuela	21
Nuestro enemigo	22
Un poco de esperanza.....	23
Una anécdota.....	24
Una manera de motivación	24
La comunicación argumentada de ideas	25
Capítulo 4.	
<i>El aprendizaje constructivo y significativo</i>	27
Las ideas previas	28
Increíble, pero real.....	31
El ¿cambio? conceptual.....	34
La relación entre los conocimientos previos y las ideas científicas .	35
Capítulo 5.	
<i>Analogías argentinas para la evolución conceptual</i>	37
El Modelo Didáctico Analógico (MDA).....	39
La comunicación entre docente y alumnos	41

Capítulo 6.	
<i>El aprendizaje por indagación</i>	45
¿A curiosear!.....	46
¿Descubrir por sí mismos o con guía?	46
Las preguntas.....	47
Capítulo 7.	
<i>Los experimentos, las modelizaciones y las analogías</i>	53
Un ejemplo concreto de cómo realizar una experimentación	55
Las modelizaciones	57
Ejemplo concreto de modelización: El aparato de Funke	58
Las analogías.....	59
Ejemplo para trabajar el sistema circulatorio	60
Capítulo 8.	
<i>La metodología de la investigación</i>	65
Capítulo 9.	
<i>El ejemplo francés de “La mano en la masa”</i>	69
El cuaderno de experiencias.....	71
El sitio de Internet	72
El mediador.....	72
Capítulo 10.	
<i>El ejemplo italiano de la Reggio Emilia</i>	75
Fundamentos del sistema.....	75
Características de esta pedagogía	75
¿Qué podemos hacer aquí nosotros?	77
El ámbito	78
Los docentes	78
Los proyectos	79
El niño	79
La documentación pedagógica	80
Capítulo 11.	
<i>La neurociencia y la atención</i>	81
Capítulo 12.	
<i>La ciencia como <i>cairel</i></i>	89
El desarrollo del pensamiento científico.....	89
La cara empírica de la ciencia	90
Otras caras de la ciencia para incorporar al aula.....	91

Capítulo 13.	
<i>Las historias de la ciencia</i>	93
Algunos ejemplos	94
Capítulo 14.	
<i>Salidas científicas: antes, durante y después</i>	99
¿Qué hacer antes de la salida?	99
¿Qué hacer durante la salida?	100
¿Qué hacer después de la salida?.....	102
Capítulo 15.	
<i>Las artes en la didáctica</i>	103
El científico loco	104
Algunas películas que tratan temas científicos y pueden utilizarse con los alumnos	105
De la ciencia al arte	107
La literatura científica	108
Magnetismo y arte.....	110
Capítulo 16.	
<i>El humor en la didáctica</i>	113
La ciencia en los dibujos animados y comics	115
Los premios <i>Ig Nobel</i> o Nobel alternativos	117
Acertijos.....	120
Adivinanzas.....	120
Capítulo 17.	
<i>Los libros de texto de ciencias</i>	121
Capítulo 18.	
<i>La feria de ciencias</i>	129
Posibles pasos a seguir	129
Capítulo 19.	
<i>Las TIC en las Ciencias Naturales</i>	133
Bibliografía general ampliatoria	143