



---

**CONGRESO  
IBEROAMERICANO**  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,  
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN

---

BUENOS AIRES, ARGENTINA  
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

---

**CONGRESSO  
IBERO-AMERICANO**  
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

---

BUENOS AIRES, ARGENTINA  
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

## **El uso del razonamiento lógico en la ciencia: un aporte a la educación para la cultura científica.**

Jeanneret M. L.y Porro S.

## **El uso del razonamiento lógico en la ciencia: un aporte a la educación para la cultura científica**

María Laura Jeanneret y Silvia Porro

Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (GIECIEN), Universidad Nacional de Quilmes, Argentina

[lalajeanneret@hotmail.com](mailto:lalajeanneret@hotmail.com), [sporro@unq.edu.ar](mailto:sporro@unq.edu.ar)

### **Resumen**

En las “Metas educativas 2021” (OEI, 2010) se incentivan los esfuerzos para desarrollar cooperativamente investigación en el ámbito iberoamericano. Esta investigación forma parte del Proyecto de Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (EANCYT); durante el desarrollo del mismo se diseñaron secuencias didácticas (SD) que se aplicaron en aulas de diferentes niveles educativos en países iberoamericanos, para tratar de superar las debilidades encontradas en una investigación anterior (Bennássar y col., 2010) en opiniones relacionadas con temas CTS de docentes y estudiantes.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un curso de Biología de escuela secundaria, donde se aplicó una SD denominada “El papel del razonamiento lógico en la ciencia”, que tuvo como objetivo que los estudiantes comprendan el uso del razonamiento lógico en la ciencia. Antes y después de la aplicación de la SD, se realizó un test a los estudiantes integrado por cuestiones pertenecientes al Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad, COCTS (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003). Luego de la aplicación de la SD se obtuvieron mayores índices (que significan opiniones más adecuadas) en las cuestiones referidas a resolución de problemas, aproximación a las investigaciones, razonamiento lógico y estatus epistemológico.

### **Introducción**

En las “Metas educativas 2021” (OEI, 2010) se incentivan los esfuerzos para desarrollar cooperativamente investigación en el ámbito iberoamericano; justamente esta investigación se ha desarrollado en el marco del Proyecto de Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (EANCYT), que ha sido un proyecto de investigación en el que han participado grupos de diferentes países de Iberoamérica. El objetivo central de esta investigación ha sido mejorar la comprensión sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) de estudiantes, profesores y profesoras de todos los niveles educativos por medio de instrumentos de intervención didáctica y evaluación, diseñados y aplicados desde diversos contextos.

La NdCyT es un conjunto de meta-conocimientos acerca de qué es y cómo funciona la ciencia en el mundo actual, que se han desarrollado desde múltiples áreas de reflexión, especialmente desde la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia. El asunto central del lema NdCyT es la construcción del conocimiento científico, que incluye cuestiones epistemológicas (principios filosóficos que fundamentan su validación) y cuestiones acerca de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). El lema NdCyT se reconoce también como heredero del movimiento CTS y convergente con las propuestas del mismo para la educación en ciencia y tecnología (CyT) para la enseñanza de las ciencias desarrolladas desde hace varios lustros: mejorar la comprensión pública de CyT en el mundo actual, que engloba entender los impactos y las soluciones de CyT (sociales, medio-ambientales, económicos, culturales, etc.), algo de los temas más especializados de epistemología, y las relaciones entre CyT (Spector, Strong y Laporta, 1998). La presencia de NdCyT

en el currículo educativo se justifica por múltiples razones (cognitivas, de comprensión, utilitarias, democráticas, culturales, axiológicas), pero, sin duda, la razón más global es la finalidad de lograr una educación en CyT de calidad, que promueve la alfabetización en CyT para todos y todas, y que desarrolla valores y actitudes importantes para la comprensión pública en un mundo cada vez más impregnado de CyT (Acevedo y col., 2005). Las reformas emprendidas por algunos países en la última década del siglo XX han operativizado estas finalidades educativas acerca de NdCyT en los currículos escolares (AAAS, 1993; Department for Education and Employment, 1999; NRC, 1996; NSTA, 2000), que se han extendido a muchos países en los últimos años, en todos los niveles de la educación formal, con especial influencia en el espacio de la secundaria obligatoria (Adúriz Bravo, 2005).

La investigación empírica en didáctica de las ciencias muestra de modo reiterado y consistente que los y las estudiantes no tienen una comprensión adecuada sobre NdCyT. Se han obtenido resultados negativos con estudiantes de diversos países y edades (Lederman, 1992), a pesar, incluso, de los defectos de los instrumentos y las metodologías (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001) y de los matices y las diferencias hallados entre los y las estudiantes. Varios/as autores/as detectan dificultades epistemológicas acerca del papel de la metodología, las teorías e hipótesis, los modelos, la creatividad y la provisionalidad en la validación del conocimiento científico (Acevedo y Acevedo, 2002; Bell y col., 2003; Kang y col., 2005; Manassero y Vázquez, 2002; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006).

En la Argentina, la formación científica y académica de los profesores y las profesoras de la escuela media no se encuentra, en muchos de los casos, en el nivel esperado. Una característica distintiva de este nivel es la heterogeneidad del plantel docente. Algunos/as de ellos/as, inicialmente formados/as como maestros/as de grado, fueron “reconvertidos/as” para la enseñanza del área de Ciencias Naturales. Por otro lado, los profesores y las profesoras de enseñanza media difieren en su formación inicial, hay profesores y profesoras de institutos terciarios de una o varias de las disciplinas que componen el área (Física, Química, Matemática, Ciencias Naturales, etc.) y profesionales universitarios/as con poca o ninguna formación pedagógica. En general, muchos/as comparten una formación con una visión disociada entre los contenidos disciplinares y los pedagógicos. Esto conlleva a severas dificultades en cuanto a la actualización de los contenidos disciplinares y la formulación de secuencias didácticas que atiendan a temas transversales integradores, desde una adecuada propuesta pedagógica, quedando muchas veces, la selección y secuenciación de los contenidos de la enseñanza a merced de las ofertas editoriales (Lorenzo, 2008).

El proyecto EANCYT, ha utilizado como instrumento de evaluación, el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad, COCTS (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001), éste es un banco de 100 cuestiones de opción múltiple cuyos contenidos cubren todas las dimensiones habituales en la investigación sobre NdCyT. Las cuestiones del COCTS pueden desarrollarse para construir secuencias didácticas, añadiendo los complementos adecuados de recursos y actividades. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos por la aplicación de una de las Secuencias Didácticas (SD) diseñada en el marco del proyecto, denominada “El papel del razonamiento lógico en la ciencia”, en el contexto del EANCYT ésta se enmarca en el campo de la Filosofía de la Ciencia, en el tema Naturaleza del Conocimiento.

La hipótesis de trabajo es que los instrumentos de intervención didáctica, evaluación y entrevista diseñados desde diversos contextos y aplicados con una metodología explícita y reflexiva en aulas reales logran una enseñanza de calidad y la mejora del aprendizaje sobre NdCyT en estudiantes, profesores y profesoras.

## METODOLOGIA

La SD se aplicó en un curso de Biología de 5to. Año de una escuela secundaria del sur del Gran Buenos Aires. La muestra de estudiantes estuvo compuesta por dos grupos-aula (uno experimental y uno control); en total fueron 30 estudiantes (19 mujeres y 11 varones), de entre 16 y 18 años de edad.

Para evaluar esta SD se utilizaron algunas cuestiones del COCTS. El grupo experimental recibió el tratamiento, mientras el grupo control no, pero a ambos grupos se les administró el instrumento de evaluación antes (pre-test) y después del momento de aplicación (post-test). Todos/as los/as estudiantes han sido ciegos/as a la experiencia, es decir, no recibieron ninguna pista, ni información, que les advirtiera que el mismo instrumento volvería a serles aplicado después del tratamiento. Además, las condiciones temporales de ambos momentos (pre y post) también fueron los mismos, para controlar las potenciales variables ambientales intervinientes; el tiempo transcurrido entre ambos momentos de evaluación es suficientemente amplio (cuatro meses) para evitar la influencia del recuerdo del pre-test sobre el post-test. Se realizó tratamiento estadístico de los datos, determinando las diferencias significativas entre pre-test y post-test, y entre géneros, mediante la prueba U de Mann-Whitney.

### Secuencia didáctica (SD)

La SD aplicada se presenta en el formato común a todas las desarrolladas en el EANCYT:

#### PLAN DE SECUENCIA DIDÁCTICA / SECUENCIA DE APRENDIZAJE

TÍTULO <b>El papel del razonamiento lógico en la ciencia</b>	Nº SESIONES	6 (12 horas)
JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen) Adúriz-Bravo (2005) plantea que uno de los procesos cognitivos usuales de los individuos es el de inferir consecuencias a partir de unos datos disponibles. Cuando esos datos inferenciales se expresan en modelos lingüísticos se llama razonamientos. Estos generalmente son deductivos e inductivos. No obstante en la ciencia, los razonamientos abductivos juegan un papel importante en los procesos de modelización científica.	NIVEL/ETAP A	12/15/18/22
RELACIÓN CON EL CURRÍCULO Los lineamientos curriculares de ciencias naturales, proponen como fines de la formación en ciencias lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"><li>Desarrollar un conocimiento científico básico en el que se privilegie el razonamiento lógico, la argumentación escrita y oral, la experimentación, el uso de la información científica y la apropiación del lenguaje duro de la ciencia y la tecnología.</li></ul> Es de anotar que estos lineamientos no incluyen la abducción como un tipo razonamiento a desarrollarse en la formación en ciencias.	CURSO ÁREA BLOQUE	Ciencias Razonamiento Lógico

<p>COMPETENCIA(S) BÁSICA(S): Ante diferentes problemas que involucran procesos de razonamientos lógicos en la ciencia, que el/la estudiante aplique los razonamientos deductivos, inductivos y abductivos.                  Competencias generales: Interpretación, Argumentación y Proposición.</p>			
<p>OBJETIVOS La actividad tiene como objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender el uso del razonamiento lógico en la ciencia.</li> <li>• Resolver problemas de la ciencia en los que se hace uso de los diferentes razonamientos lógicos.</li> </ul>			
<p>REQUISITOS</p>			
Tie mpo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología / organización	Materiales / Recursos
2h	<p>ENGANCHAR Introducción-motivación :                      Docente: Los/as estudiantes piensan acerca de cómo los/as científicos/as logran sus descubrimientos</p>		
	<p>Enganchar: Conocimientos Previos                      Docente: Dados dos problemas de lápiz y papel a los/as estudiantes, éstos/as deben conseguir la respuesta siguiendo estrictamente las pistas.                      Estudiantes: Deben registrar la respuesta al problema junto con el proceso que siguieron para la solución.                      Docente: Junto con la clase deben confrontar las respuestas correctas e incorrectas, identificando los aciertos y errores cometidos. Igualmente, explicitar los procesos de razonamientos establecidos para la solución de los problemas. Diferenciar cómo los razonamientos pueden ser diferentes a pesar que la respuesta es la misma. Igualmente, determinar su validez y consistencia.</p>	<p>Grupos pequeños de estudiantes discutirán las preguntas</p>	<p>Acertijos (Ver anexo 1)</p>
	<p>Actividades de Desarrollo</p>		
	<p>EXPLICAR Contenidos : Razonamiento lógico, Razonamiento deductivo-Inductivo y Abductivo                      EXPLICAR Procedimientos</p> <p><b>Actividad 1: Actividad de procesos inductivos y deductivos</b>  <u>Los/as estudiantes</u> desarrollan la actividad N° 1 en la cual se establecerán patrones generalizados a partir de los pasos iniciales de una secuencia. Los/as estudiantes utilizarán diferentes sistemas de representación para dar continuidad a las secuencias, siguiendo las reglas que cada ejercicio implícitamente registra para su crecimiento. Registrarán sus respuestas y en debate socializarán.                      Docente: Para el proceso de registro y socialización se deben tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicitación de los procesos de razonamiento utilizados para dilucidar la regla lógica del patrón.</li> </ul>	<p>Los/as estudiantes se reúnen en grupos no mayor a tres personas</p>	<p>Actividad 1</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de la validez conjunta (docente-estudiante) de los razonamientos utilizados para argumentar las reglas conseguidas.</li> <li>• Promover diferentes sistemas de representación del patrón (incluida ecuación matemática) y la equivalencia entre ellos.</li> <li>• Explicitación de los procesos básicos del razonamiento inductivo y deductivo en este tipo de actividades.</li> <li>• Explicación de los procesos de generalización y deducción que se desarrollan en la actividad.</li> <li>• Identificación de las características del razonamiento inductivo y deductivo a través de la actividad.</li> </ul>		
2h	<p><b>Actividad 2: El Guiso fantasmagórico.</b>  <b>Docente:</b> A través de ejemplos explicará las características del razonamiento abductivo en la ciencia.  <b>Estudiantes: Lectura de la historia del Guiso Fantasmagórico.</b>                  Indagación previa de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos desconocidos derivados de la lectura,</li> <li>• Trabajo del científico Premio Nobel George de Hevesy</li> <li>• El modelo del electroscopio de hojas de oro y determinan su función.</li> </ul>	Lectura Individual y por Grupos	Adúriz-Bravo, A. (2005).El Guiso Fantasma górico. Ministerio de Educación , Ciencia y Tecnología a de la Nación de Argentina Lectura1.
2h	<p>Los/as estudiantes por grupos discuten las siguientes preguntas para luego ser puestas en común en un debate que animará el/la docente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cómo se dio cuenta De Hevesy que la investigación que estaba llevando a cabo era útil para resolver el problema de la comida que se servía en la pensión?</li> <li>2. ¿Qué tipo de razonamientos hizo De Hevesy para solucionar el problema de su dieta en la pensión? Describirlo.</li> <li>3. ¿Cómo hizo para demostrar que el soufflé de la patrona era un “guiso fantasmagórico” hecho con sobras de días anteriores?</li> <li>4. Siendo abductivo el tipo de razonamiento que se utilizó, Explique cómo lo aplicó el científico.</li> </ol>	Trabajo en grupo y luego socialización de la producción	
	EXPLICAR Actitudes		

	Cada estudiante o grupo de estudiantes deben argumentar sus ideas de manera rigurosa, utilizando diferentes sistemas de representación y explicitar a través de ejercicios metacognitivos, los razonamientos que pusieron en juego en el momento de desarrollo de las actividades/ El/la orientador/a debe escuchar todas las afirmaciones./ Regula discusiones.		
	EXPLORAR Consolidación Los estudiantes establecen un cuadro comparativo entre los tipos de razonamientos utilizados en las actividades anteriores.		
	Evaluar		
	Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar)	Pre-post test	90811 40421
	/	Pre-post test	70231 90631
2h	Criterios/indicadores Identificar diferentes tipos de razonamiento en la ciencia Identificar la diferencia entre el razonamiento deductivo-inductivo y abductivo	Pre-post test	90621 91011
	EXTENDER Actividades de ampliación		
2h	Los/as estudiantes investigan la manera cómo surgieron algunos descubrimientos en la ciencia y establecen la naturaleza del razonamiento que realizaron los científicos.	Toda la clase	
EVALUACIÓN/REFLEXIÓN SOBRE LA PRÁCTICA DOCENTE (obstáculos, facilitadores, incidencias, etc.)			
Colocar un * donde haya documento(s) adicional(es) que desarrollan el tema; p. e. un texto de lectura se reseñaría en la columna recursos simplemente con su Título * (en hoja o archivo aparte se recoge el texto).			

#### Instrumento de evaluación

El COCTS es una encuesta de tipo escala Likert en la que cada frase puede calificarse con valores que van de 1 a 9. La traducción a índices actitudinales, que van de -1 a +1, depende de si cada una de las frases ha sido considerada Adecuada, Plausible o Ingenua por un comité de expertos, y se realiza según la siguiente tabla:

Tabla 1. Conversión de las calificaciones directas a índices actitudinales.

Calificaciones directas de las respuestas									
Grado de acuerdo	Nulo	Casi nulo	Bajo	Parcial. bajo	Parcial	Parcial alto	Alto	Casi total	Total
Escala directa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice actitudinal normalizado									
Categoría frase									
Adecuada	-1	-0,75	-0,5	-0,25	0	+0,25	+0,5	+0,75	+1
Plausible	-1	-0,5	0	+0,5	1	+0,5	0	-0,5	-1
Ingenua	+1	+0,75	+0,5	+0,25	0	-0,25	-0,5	-0,75	-1

Se puede obtener entonces un Índice Global (I.G.) para cada una de las cuestiones y, además, un índice para cada una de las frases (A, B, C... etc.).

Como pre-test y post-test, se aplicaron las siguientes cuestiones pertenecientes al COCTS que indagan la opinión de los y las estudiantes acerca de:

40421 En tu vida diaria, el conocimiento de la ciencia y la tecnología te ayuda personalmente a resolver problemas prácticos (por ejemplo, lograr sacar el coche de una zona de hielo, cocinar, o cuidar un animal).

El razonamiento sistemático aprendido en las clases de ciencias (por ejemplo, hacer hipótesis, recoger datos, ser lógico):

A. me ayuda a resolver problemas en mi vida diaria. Los problemas diarios se resuelven de manera más fácil y lógica si se tratan como problemas de ciencias.

B. me da una mayor comprensión y conocimiento de los problemas diarios. Sin embargo, las técnicas que aprendí para resolver un problema no me son útiles directamente en mi vida diaria.

C. Las ideas y hechos que aprendí en las clases de ciencias a veces me ayudan a resolver problemas o tomar decisiones sobre cosas como cocinar, no enfermar o explicar una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas).

D. El razonamiento sistemático y las ideas y hechos que aprendí en las clases de ciencias me ayudan mucho. Me sirven para resolver algunos problemas y entender una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas).

E. Lo que aprendí en las clases de ciencias generalmente no me ayuda a resolver problemas prácticos; pero me sirve para percibir, relacionarme y comprender el mundo que me rodea.

Lo que aprendí en las clases de ciencias NO se relaciona con mi vida diaria:

F. biología, química, geología y física no me resultan prácticas. Tratan detalles teóricos y técnicos que tiene poco que ver con mi mundo de cada día.

G. mis problemas cotidianos son resueltos por mi experiencia pasada o por conocimientos que no están relacionados con la ciencia y la tecnología.

70231 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Toman esta decisión por consenso; esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para que crean en la nueva teoría.

Los científicos que proponen una teoría deben convencer a otros científicos:

A. mostrándoles pruebas concluyentes que apoyen que la teoría es verdad.

B. porque una teoría es útil para la ciencia sólo cuando la mayoría de los científicos creen en ella.

C. porque cuando un número de científicos estudian una teoría y sus nuevas ideas, probablemente la revisarán o actualizarán. En resumen, cuando se alcanza consenso, los científicos hacen más exacta la teoría.

Los científicos que proponen una teoría NO tienen que convencer a otros científicos:

D. porque las pruebas que la apoyan hablan por sí mismas.

E. porque cada científico decidirá individualmente si usa la teoría o no.

F. porque cada científico puede aplicar la teoría individualmente, en la medida en que ésta explica resultados y es útil, independientemente de lo que crean otros científicos.



90621 Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.

- A. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.
- B. El método científico, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos.
- C. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.
- D. Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).
- E. Muchos descubrimientos científicos fueron hechos por casualidad, y no siguiendo el método científico.

90631 Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente, hasta que se hace el descubrimiento.

Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:

- A. porque los experimentos (por ejemplo, los que condujeron al modelo del átomo, o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos para hacer una pared.
- B. porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento.
- C. Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso, también hay una parte de ensayo y error, de acertar y fallar.
- D. Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.
- E. La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.

Los descubrimientos científicos NO ocurren como resultado de una serie lógica de investigaciones:

- F. porque con frecuencia los descubrimientos resultan de juntar piezas de información previamente no relacionadas entre sí.
- G. porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada.

90811 Si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media, ¿esto quiere decir que el asbesto puede causar cáncer de pulmón?

- A. Esos hechos, obviamente, prueban que el asbesto causa cáncer de pulmón. Si los trabajadores con asbesto tienen una mayor probabilidad de tener cáncer de pulmón, entonces el asbesto es la causa.

Los hechos NO significan necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón:

- B. porque se necesita más investigación para averiguar si es el asbesto u otra sustancia quien causa el cáncer de pulmón.
- C. porque el asbesto puede funcionar en combinación con otras sustancias, o indirectamente (por ejemplo, debilitando la resistencia a otras sustancias que causarían el cáncer de pulmón).
- D. porque si lo hiciera, todos los trabajadores con asbesto habrían tenido cáncer de pulmón.
- E. El asbesto no puede causar cáncer de pulmón porque mucha gente que no trabaja con asbesto también tiene cáncer de pulmón.

91011 Suponga que un buscador "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa usted?

Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas:

- A. porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.
- B. porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
- C. pero los científicos inventan los métodos para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías.
- D. algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por tanto la descubren. Pero otros científicos inventan la ley a partir de los hechos conocidos.
- E. los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.
- F. depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.

### Entrevistas

Otros procedimiento previsto en la investigación se refiere al seguimiento cualitativo de verificación de los resultados de la evaluación con los instrumentos, mediante un análisis cualitativo de casos, posterior al momento del post-test. Esta verificación cualitativa se realiza mediante entrevistas estructuradas a tres estudiantes seleccionados/as de cada grupo de aplicación: el/la estudiante que obtiene la mejora más alta, un estudiante cuya mejora se sitúe en el promedio del grupo, y el/la estudiante que obtiene la mejora más baja del grupo. El objetivo de las entrevistas estructuradas es doble: por un lado, validar y confirmar las respuestas al cuestionario de evaluación, mediante una profundización en la explicación o ejemplificación de las mismas dadas en la entrevista por el/la estudiante; por otro lado, profundizar el patrón de pensamiento sobre NdCyT afrontando especialmente las potenciales respuestas contradictorias dadas por los/as encuestados/as, que los antecedentes de investigación identifican como especialmente llamativos porque la contradicción no es advertida por los/as encuestados/as.

La entrevista se realiza siguiendo un guión de entrevista y las respuestas significativas del/a estudiante se graban y codifican sobre el mismo guión para ser analizadas y valoradas, desde la perspectiva de verificar las respuestas escritas dadas en los instrumentos de evaluación. El análisis cualitativo de las entrevistas produce una serie de resultados que se comparan y contrastan con los resultados obtenidos de los instrumentos de evaluación.

## RESULTADOS

### Diferencias entre pretest y postest

La mayor diferencia positiva ( $\Delta = 1,181$ ) entre pretest (índice global negativo: -0,75) y postest (índice global positivo: 0,431) para el grupo experimental, se encontró en la frase C de la cuestión 90811. Para el grupo control, en cambio, cuyo índice global (I.G.) para el pretest fue de -0,479 en el postest el I.G. seguía siendo negativo: -0,396. Esta es una frase que pertenece a la categoría adecuada, lo cual significa que luego de la aplicación de la secuencia didáctica, los y las estudiantes del grupo experimental están significativamente más de acuerdo con “que si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media; este hecho no significa necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón, porque el asbesto puede funcionar en combinación con otras sustancias, o indirectamente (por ejemplo, debilitando la resistencia a otras sustancias que causarían el cáncer de pulmón)”.

En la otra frase adecuada de esta cuestión 90811, la B, también se encontró una diferencia significativa ( $\Delta = 0,869$ ) para el grupo experimental, entre pretest (I. G. negativo: -0,425) y postest (I. G. positivo: 0,444). Para el grupo control, en cambio, cuyo índice global (I.G.) para el pretest fue de -0,583, en el postest el I.G. seguía siendo negativo: -0,458. Esto significa que luego de la aplicación de la secuencia didáctica, los y las estudiantes del grupo experimental están significativamente más de acuerdo con que “si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media; este hecho no significa necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón, porque se necesita más investigación para averiguar si es el asbesto u otra sustancia quien causa el cáncer de pulmón”.

Otra frase, donde en el grupo experimental hubo un I.G. negativo (-0,556) en el pretest y positivo en el postest (0,100) ha sido la D de la cuestión 70231. Para el grupo control, en cambio, no hubo mejoras entre el pretest y el postest. Esta es una frase que pertenece a la categoría ingenua, por lo tanto que los y las estudiantes del grupo experimental hayan obtenido un I. G. mayor en el postest, significa que luego de la aplicación de la secuencia didáctica acuerdan menos con que “cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no, pero los científicos que proponen una teoría NO tienen que convencer a otros científicos porque las pruebas que la apoyan hablan por sí mismas”.

### Diferencias entre mujeres y varones

En el pretest, si bien no se encuentran diferencias significativas entre las opiniones según el género en los I.G. de las cuestiones, sí se encuentran diferencias en tres frases, a saber:

*Frase donde las mujeres obtienen un I.G. mayor que los varones*

- C de la 40421 ( $\Delta$ I.G. Fem-Masc = 0,392)
- E de la 90631 ( $\Delta$ I.G. Fem-Masc = 0,462)

*Frase donde los varones obtienen un I.G. mayor que las mujeres*

- B de la 91011 ( $\Delta$ I.G. Masc-Fem = 0,367)

Estos resultados muestran que las mujeres, al inicio del curso, están más de acuerdo que los varones con que:

- “En tu vida diaria, el conocimiento de la ciencia y la tecnología te ayuda personalmente a resolver problemas prácticos (por ejemplo, lograr sacar el coche de una zona de hielo, cocinar, o cuidar un animal). El razonamiento sistemático aprendido en las clases de ciencias (por ejemplo, hacer hipótesis, recoger datos, ser lógico) me ayudan a resolver problemas o tomar decisiones sobre cosas como cocinar, no

enfermar o explicar una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas)” (frase adecuada).

- “Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales” (frase ingenua).

Las mujeres están menos de acuerdo que los varones en la frase: “La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra” (frase ingenua).

En el postest, no aparecen diferencias significativas en las opiniones según el género en el grupo control. En cambio, en el grupo experimental, al igual que en el pretest, si bien no se encuentran diferencias significativas entre las opiniones según el género en los I.G. de las cuestiones, sí se encuentran diferencias en algunas frases de cinco de ellas, a saber:

*Frases donde las mujeres obtienen un I.G. mayor que los varones*

- A de la 90621 ( $\Delta$ I.G. Fem-Masc = 0,395)
- E de la 90631 ( $\Delta$ I.G. Fem-Masc = 0,462)
- G de la 90631 ( $\Delta$ I.G. Fem-Masc = 0,417)
- C de la 90811 ( $\Delta$ I.G. Fem-Masc = 0,521)

*Frase donde los varones obtienen un I.G. mayor que las mujeres*

- C de la 91011 ( $\Delta$ I.G. Masc-Fem = 0,417)

Estos resultados muestran que las mujeres, después de la aplicación de la secuencia didáctica, están más de acuerdo que los varones con que:

- “Si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media. Estos hechos NO significan necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón porque el asbesto puede funcionar en combinación con otras sustancias, o indirectamente (por ejemplo, debilitando la resistencia a otras sustancias que causarían el cáncer de pulmón)” (frase adecuada).

En cambio, en el postest, las mujeres del grupo experimental están menos de acuerdo que los varones con que:

- “El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico” (frase ingenua).

- “La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra” (frase ingenua).

Esta última frase es la única donde la diferencia significativa entre mujeres y varones existe tanto en el pretest como en el postest, pero esto es resultado de que no hay diferencias entre pre y post para cada uno de los géneros por separado.

En el postest, también se han encontrado diferencias significativas entre los géneros en las opiniones acerca de las siguientes frases plausibles:

- “Los descubrimientos científicos NO ocurren como resultado de una serie lógica de investigaciones, porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada” (mayor índice para las mujeres).

- “Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, pero los científicos inventan los métodos para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías” (mayor índice para los varones).

Un mayor índice en una frase plausible significa una mayor capacidad para argumentar porqué esa frase es aceptable en algunos aspectos y discutible en otros.

### Entrevistas a estudiantes

La opinión de los estudiantes sobre la Secuencia Didáctica aplicada se muestra a continuación:

#### Entrevista a estudiante 1

- ¿Ha sido interesante la secuencia didáctica para ti? Mucho, **Bastante**, Poco, Algo (*marca uno*)

- *Escribe la razón(es) que justifican porqué ha sido (más o menos) interesante para ti...*

Porque fue diferente a otras clases

- ¿Qué aspectos consideras **MÁS** relevantes, y por qué razón es **MUY** relevante cada uno de ellos?

Aspectos <b>MÁS</b> relevantes...	Razón por la cual es <b>MUY</b> relevante...
Fue diferente	Interesante

- ¿Qué aspectos consideras **MENOS** relevantes, y por qué razón cada uno ha sido **POCO** relevante?

Aspectos <b>MENOS</b> relevantes...	Razón por la cual es <b>MÁS</b> relevante...
Ninguno	

- ¿Qué cosa(s) has aprendido en la secuencia didáctica?

A pensar distinto

- ¿Qué dificultad(es) has encontrado en el aprendizaje de la secuencia didáctica?

La redacción

- ¿Qué idea(s) u opinión(es) sobre la ciencia y tecnología te ha cambiado la secuencia didáctica?

Antes pensaba que...	Ahora pienso que...
Inaccesible	accesible

- Describe brevemente con palabras, figuras o mapas tu modelo actual sobre la ciencia y tecnología.

Movimiento, no estable

#### Entrevista a estudiante 2

- ¿Ha sido interesante la secuencia didáctica para ti? Mucho, Bastante, **Poco**, Algo (*marca uno*)

- *Escribe la razón(es) que justifican porqué ha sido (más o menos) interesante para ti...*

No entendí algunas cosas

- ¿Qué aspectos consideras **MÁS** relevantes, y por qué razón es **MUY** relevante cada uno de ellos?

Aspectos <b>MÁS</b> relevantes...	Razón por la cual es <b>MUY</b> relevante...
Estube pensando (sic)	Es importante pensar

¿Qué aspectos consideras **MENOS** relevantes, y por qué razón cada uno ha sido **POCO** relevante?

*El estudiante no contesta*

- ¿Qué cosa(s) has aprendido en la secuencia didáctica?

A sacar conclusiones

- ¿Qué dificultad(es) has encontrado en el aprendizaje de la secuencia didáctica?

Los ejercicios eran confusos

- ¿Qué idea(s) u opinión(es) sobre la ciencia y tecnología te ha cambiado la secuencia didáctica?

*Antes pensaba que...*

Era algo más difícil

*Ahora pienso que...*

Está más cerca

- Describe brevemente con palabras, figuras o mapas tu modelo actual sobre la ciencia y tecnología.

*El estudiante no contesta*

### Entrevista a estudiante 3

¿Ha sido interesante la secuencia didáctica para ti? Mucho, **Bastante**, Poco, Algo (*marca uno*)

*Escribe la razón(es) que justifican porqué ha sido (más o menos) interesante para ti... Tenía que ver con la universidad*

- ¿Qué aspectos consideras MÁS relevantes, y por qué razón es MUY relevante cada uno de ellos?

*Aspectos MÁS relevantes...*

Pensar diferente

Leer otra cosa

*Razón por la cual es MUY relevante...*

Aprender

Te prepara mejor

- ¿Qué aspectos consideras MENOS relevantes, y por qué razón cada uno ha sido POCO relevante?

*Aspectos MENOS relevantes...*

Algunos

*Razón por la cual es MÁS relevante...*

- ¿Qué cosa(s) has aprendido en la secuencia didáctica?

A razonar

- ¿Qué dificultad(es) has encontrado en el aprendizaje de la secuencia didáctica?

Algunos compañeros no lo toman con seriedad

- ¿Qué idea(s) u opinión(es) sobre la ciencia y tecnología te ha cambiado la secuencia didáctica?

*El estudiante no contesta*

- Describe brevemente con palabras, figuras o mapas tu modelo actual sobre la ciencia y tecnología.

Todos los días

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos parecerían indicar que la aplicación de la secuencia didáctica en el aula mejora la opinión de los y las estudiantes acerca de algunos aspectos relacionados con la construcción del conocimiento científico. Particularmente, parecen hacerse más conscientes que las pruebas que apoyan una teoría no hablan por sí mismas. De esta forma, los/as estudiantes se acercan a la opinión de los/as expertos/as, que tal como lo indican Bartos y Lederman (2014), en la investigación científica:

- los científicos que siguen los mismos procedimientos no llegan necesariamente a los mismos resultados.
- los procedimientos seguidos en una investigación influyen los resultados obtenidos.
- las conclusiones extraídas deben ser consistentes con los datos obtenidos.
- los datos no son lo mismo que la evidencia
- las explicaciones científicas se desarrollan a través de una combinación de la evidencia y de lo que ya se conocía.

Luego de la aplicación de la secuencia didáctica pareciera además que los/as estudiantes reconocen el papel que juegan la originalidad y la creatividad de los/as científicos, tal como afirman Bartos y Lederman (2014) en uno de los supuestos referidos a la Naturaleza de la Ciencia y a la investigación científica: “la ciencia es un producto de la imaginación y la creatividad humana y es influenciada por los experimentos que realizan los científicos y sus compromisos teóricos”.

De los resultados obtenidos se observa que hace falta seguir trabajando explícitamente con los temas relacionados con la Naturaleza de la Ciencia, ya que si bien se obtienen mejoras en las opiniones sobre todo en las frases adecuadas e ingenuas; no sucede lo mismo con las frases plausibles, que son aquellas donde hay que reconocer porqué las mismas son discutibles. Esto tal vez sucede porque los/as estudiantes de la escuela secundaria están más acostumbrados al verdadero/falso que a tener que argumentar acerca de una frase discutible.

Con respecto a las diferencias de opiniones entre los géneros, en el pretest se observan diferencias significativas en solo tres de las treinta y seis frases del mismo, mientras que en el posttest, para el grupo experimental, son cinco las frases con diferencias significativas de opiniones entre géneros. Esto parece indicar que en estos temas, por un lado, las opiniones no difieren demasiado según el género, como sí ocurre por ejemplo con las cuestiones directamente relacionadas con la infrarrepresentación de las mujeres en la ciencia (Porro y Acevedo, 2011) y, por otro, que la aplicación de la secuencia didáctica ha influenciado más a la opinión de las mujeres, acercándola a la de los expertos, a diferencia de lo que ocurre con las opiniones sobre la influencia de la CyT en la vida de las mujeres, donde son los varones los que la mejoran (Porro, 2013).

En cuanto a las entrevistas a las estudiantes, está claro que ninguno ha considerado a la secuencia didáctica muy interesante, habría que seguir indagando si la razón es si no están acostumbrados a trabajar temas que no sean estrictamente de contenido disciplinar, o si el problema es con esta secuencia didáctica en particular. Las razones que esgrimen son justamente que esta clase fue diferente a otras, que no todo fue comprendido y que se le adjudica una razón propedeútica. Los estudiantes admitieron que la secuencia los ayudó a pensar porque fue diferente y leyeron cosas distintas a lo habitual, y que la relevancia de la misma reside en que se puede aprender algo interesante y que es importante pensar para prepararse mejor. Los/as estudiantes no saben explicar cuáles son los aspectos menos relevantes, pero admiten haber aprendido a pensar distinto, a sacar conclusiones y a razonar. En cuanto a las dificultades se refieren a redactar (también aparecen faltas de ortografía), confusión en los ejercicios y dificultades del trabajo en grupo. De todas formas, es importante

destacar que las ideas sobre la Ciencia y la Tecnología que se han modificado luego de la secuencia didáctica son: que las mismas no son estáticas, sino que van cambiando; y que CyT conviven con nosotros en lo cotidiano.

Como conclusión final, consideramos que vale la pena introducir los temas de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en las clases de Ciencias Naturales, ya que a través de ellos ayudamos a nuestros/as estudiantes, además de incorporar los conceptos específicos de la disciplina, a reflexionar acerca de la importancia del conocimiento de los temas científicos y tecnológicos en nuestra toma de decisiones como ciudadanos/as.

### Referencias bibliográficas

- AAAS, American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2002). "Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria". *Revista Iberoamericana de Educación*. [<http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>]. [Fecha de consulta: 25/08/14].
- ACEVEDO, J. A., VAZQUEZ, A., MARTIN, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXAO, M. F. y MANASSERO, M. A. (2005). "Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2, Núm. 2, pág. 121-140.
- ADURIZ-BRAVO, A. (2005). "¿Qué naturaleza de las ciencias hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación en didáctica". *Tecné. Episteme y Didaxis*, Número Extra, pág. 23-33.
- BARTOS, S. A. y LEDERMAN, N. G. "Teachers' knowledge structures for Nature of Science and Scientific Inquiry: conceptions and classroom practice". *Journal of Research in Science Teaching*. [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.21168/abstract>]. [Fecha de consulta: 28/08/14]
- BELL, R. L.; BLAIR, L. M.; CRAWFORD, B. A. y LEDERMAN, N. G. (2003). "Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 40, pág. 487-509.
- BENNASSAR, A., VAZQUEZ, A., MANASSERO M. A., y GARCIA-CARMONA, A. (2010). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. [[www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf](http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf)] Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). [Fecha de consulta: 25/08/14].
- DEPARTMENT FOR EDUCATION AND EMPLOYEMENT (1999). *Science in the National Curriculum*. London: HMSO.
- KANG, S.; SCHARMANN, L. C. y NOH, T. (2005). "Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders". *Science Education*, Vol. 89, Núm. 2, pág. 314-334.
- LEDERMAN, N. G. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, pág. 331-359.



- LORENZO, M. G. (2008). "El modelo de integración multinivel para la formación en servicio del profesorado". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, Núm. 3, pág. 597 – 613.
- MANASSERO, M. A. y VAZQUEZ, A. (2002). "Las concepciones de estudiantes y profesores de ciencia, tecnología y su relación: Consecuencias para la educación". *Revista de Ciencias de la Educación*, Vol. 191, pág. 315-343.
- MANASSERO, M. A., VAZQUEZ, A., y ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MANASSERO, M. A., VAZQUEZ, A., y ACEVEDO, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. [<http://www.ets.org/testcoll>] Princenton, NJ: Educational Testing Service. [Fecha de consulta: 25/08/14].
- NRC, National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: Academic Press.
- NSTA, National Science Teachers Association (2000). *National Science Teachers Association position statement: the nature of science*. [<http://www.nsta.org/about/positions/natureofscience.aspx>]. [Fecha de consulta: 25/08/14].
- OEI (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2010). *Metas Educativas 2021: la educación que queremos para la generación de los Bicentenarios*. [[www.oei.es/metas2021.pdf](http://www.oei.es/metas2021.pdf)] [Fecha de consulta: 10/03/14].
- PORRO, S. (2013). "La enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en una clase de química universitaria". *Educacion en la Química en línea*, Vol. 19, Núm. 1, pág. 32-43.
- PORRO, S. y ACEVEDO, C. (2011). "A gender perspective on science, technology and society subjects". *Journal of Science Education*. Vol. 12, Núm. 1, pág. 17-21.
- SPECTOR, B.; STRONG, P. y LAPORTA, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W. F. McComas. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pág. 267 - 276.
- VAZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2006). "An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results". *Science Education*, Vol. 90, Núm. 4, pág. 681-706.

### **Agradecimientos**

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al subsidio a Programas de Investigación de la UNQ (Argentina) y al Proyecto de Investigación EDU2010-16533 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).