

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO LÓGICO POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA ISLE

LOGICAL THINKING DEVELOPMENT THROUGH ISLE TEACHING METHODOLOGY

Pilar Souviron Gaytán de Ayala

Dr. David Méndez Coca

Resumen

Se analiza la relevancia de la enseñanza científica con respecto a otras disciplinas, la importancia de mejorar los métodos de enseñanza de las ciencias con el objetivo de acercar la ciencia a los estudiantes en particular y a la sociedad en general, también considera la importancia del razonamiento lógico para la comprensión de conceptos científicos, y cómo mejorarlo buscando la manera de incrementarlo.

En la investigación se aplica la metodología de enseñanza ISLE durante ocho sesiones semanales. Ésta se basa en observar un fenómeno, los estudiantes dan una explicación, tratar de predecir qué pasaría si se modifica alguna característica del experimento, observar el fenómeno con esa modificación y, finalmente, recibir la explicación del profesor.

Realizamos un pretest y posttest utilizando el test de razonamiento lógico y observamos su incremento después de las sesiones. El cambio de nivel de razonamiento, comparado con otros estudios, también ha sido significativo.

Palabras Clave

Metodología ISLE. Test de razonamiento lógico (TOLT). Experimentos. Educación Secundaria.

Abstract

The relevance of scientific education is here analysed with respect to other disciplines as an attempt to improve science-methodology approaches. The aim is to bring this subject closer to students and society and give importance to logical reasoning for understanding scientific concepts, and the fostering of this reasoning to boost this capacity.

This research is developed through eight weekly sessions using ISLE methodology. The latter deals with observing a phenomenon, giving an explanation and predicting the effects that changing any step of the experiment will have; after including variations in the experiment and observing changes, the teacher explains it.

After carrying out both a pre-test and a post-test for the use of logical thinking, there is an increase after the course of eight sessions. We can also observe a remarkable evolution in the level of reasoning, and one which is comparable to the results of other studies.

Key Words

ISLE methodology. Test of logical reasoning. Experiments. Secondary education.

1. Introducción

En la actualidad, a pesar de la relevancia que tiene la aplicación de las ciencias en el día a día, este protagonismo no se corresponde con la enseñanza que se hace de las mismas en el ámbito escolar. La meta de la enseñanza de las ciencias se centra en preparar a los estudiantes que van a cursar itinerarios de esta rama en su futuro. Esto es lo que se llama una visión propedeútica de la formación, aquella que viene determinada por las exigencias de las siguientes etapas de la educación. La visión propedeútica en la enseñanza de las ciencias continúa implantada en nuestro sistema educativo (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001). Pero esta finalidad de la enseñanza de las ciencias es claramente elitista y no responde a otras necesidades personales y sociales (Bybee, 1993), ya que sólo se centra en preparar adecuadamente a los pocos alumnos que necesitarán de esta formación específica para poder acceder a determinadas carreras universitarias. Dar prioridad a esta finalidad en la ciencia escolar tiende a provocar que los estudiantes pierdan su interés por la ciencia y se alejen aún más de las propias disciplinas científicas (Fourez, 2002; Sjøberg, 2003).

La necesidad de extender la educación científica obliga a plantearse nuevas finalidades educativas de la enseñanza de las ciencias. De manera general, muchas de estas finalidades aparecen englobadas en la máxima de alfabetización científica, como una expresión metafórica que establece de manera muy amplia determinadas finalidades y objetivos de la enseñanza de las ciencias (Bybee, 1997).

La ciencia en el ámbito escolar no sólo es importante para la comprensión de conceptos de origen científico, sino que también produce un desarrollo del razonamiento abstracto o lógico necesario para muchas otras facetas de la vida (Koray, 2003). En

consecuencia, se observa que es necesaria la mejora de esta facultad con el objetivo de adaptarse a una sociedad cada vez más inundada de tecnología (Koray y Köksal, 2009).

Acevedo (2004) establece que pueden formularse finalidades de la enseñanza de las ciencias de carácter útil y eminentemente práctico (conocimientos de ciencia que pueden hacer falta para la vida cotidiana), democráticas (conocimientos y capacidades necesarios para participar como ciudadanos responsables en la toma de decisiones sobre asuntos públicos y polémicos que están relacionados con la ciencia y la tecnología) o para desarrollar ciertas capacidades generales muy apreciadas en el mundo laboral.

No es de extrañar que Fourez (1997) haya comparado esta fuerte promoción de la alfabetización científica y tecnológica, necesaria para vivir hoy en un mundo cada vez más impregnado de ciencia y tecnología, y en la nueva sociedad de la información y el conocimiento, con la alfabetización lecto-escritora que se impulsó a finales del siglo XIX para la integración de las personas en la sociedad industrializada.

Dependiendo de para qué se considere relevante la ciencia escolar, el significado que se dé a esta alfabetización podrá ser uno u otro y, como es lógico, la manera de entenderla tendrá fuertes repercusiones en la planificación, diseño y puesta en práctica del currículo de ciencias (Acevedo, 2004).

Hemos de buscar métodos de enseñanza que favorezcan la participación del alumno y que tengan una clara visión práctica, de modo que los conceptos que aprendan en su vida escolar fácilmente puedan aplicarlos en la vida ordinaria.

Por tanto, si queremos hacer la ciencia más cercana tendremos que revisar el contenido que vamos a transmitir y el modo en que se expone. Buscar una mayor implicación de los alumnos, promoviendo su participación, y diseñando actividades de

carácter práctico que coloquen al alumno en situaciones reales y faciliten el desarrollo del pensamiento crítico.

2. Papel del razonamiento lógico y de la argumentación en el conocimiento científico

Para poder acercar a los estudiantes a los conocimientos científicos, se deben conocer cómo son los procesos de pensamiento necesarios para la comprensión de estos conceptos, cómo es el pensamiento de los alumnos y cómo favorecer la mejora de su razonamiento para facilitar la comprensión de la ciencia. En consecuencia, los maestros deben saber lo que los estudiantes traen consigo en términos de sus etapas de desarrollo intelectual (es decir, preoperacional, concreto, formal, o post- formal) y de conocimientos de materias específicos (Lawson, 2009).

Para favorecer la comprensión de los conceptos abstractos de la ciencia, se ha de buscar la forma de desarrollar ciertas habilidades relacionadas con el modo de pensar en ciencia. Las habilidades de razonamiento científico y hábitos de la mente están en el núcleo de la alfabetización científica, e incluyen: habilidades y hábitos para construir el entendimiento, el entendimiento de conceptos centrales y teorías científicas, y la habilidad de comunicar para informar y persuadir a otros a llevar a cabo una acción relacionada con esos conceptos y teorías (Hand, Prain y Yore, 2001). Estas habilidades tendrán que comprender, por un lado, el desarrollo del razonamiento necesario para la comprensión de los conceptos y por otro la habilidad de argumentar y comunicar los resultados obtenidos de forma convincente.

El razonamiento científico es un proceso creativo que tiene unos componentes identificables. Primero tiene lugar la observación que desconcierta. En segundo lugar viene el uso del razonamiento lógico para generar una o más hipótesis. También puede utilizarse el razonamiento combinatorio para generar una lista de todas las posibles combinaciones o hipótesis (Lawson, 2009).

Con estos componentes del razonamiento científico, observación, planteamiento de hipótesis, deducción de cuál de las hipótesis es la correcta y la elaboración de una conclusión final, se puede promover el desarrollo de esta facultad a través de un método que facilite la observación de fenómenos. A partir de esta observación se busca facilitar la argumentación por parte del alumnado. La argumentación promueve el pensamiento crítico, así como la cualidad esencial del discurso que han de ser adquiridos en la formación académica (Veerman, Andriessen y Kanselaar, 2002).

Ogan-Bekiroglu y Eskin (2012) llegaron a las siguientes conclusiones, entre otras, acerca de la relación entre la argumentación científica y el conocimiento conceptual:

- La cantidad y calidad de las argumentaciones de los estudiantes mejoraba respecto al tiempo, dado que cada vez se involucran más en la argumentación. Cuanto más se implican en la argumentación, más capaces son de generar afirmaciones, justificarlas con datos y explicaciones y soportar posiciones contrarias.
- Es posible predecir su contribución cuantitativa examinando su contribución cualitativa. Si un estudiante hace pocas contribuciones cuantitativas, su contribución cualitativa será muy baja también y viceversa.

- El conocimiento de los alumnos no mejora instantáneamente cuando se ven envueltos en actividades de argumentación. Esto es, el desarrollo del conocimiento en el proceso de argumentación lleva su tiempo.

- El conocimiento previo de los alumnos afecta a su participación en la argumentación. Si los estudiantes están familiarizados con los conceptos o tienen proposiciones científicas acerca de los conceptos antes de iniciar la argumentación, es de esperar que se involucren más en la argumentación y generen nuevos componentes en la misma.

La experimentación cualitativa y cuantitativa desarrolla la curiosidad, suscita discusiones, demanda reflexión, elaboración de hipótesis y espíritu crítico, enseña a analizar los resultados y expresarlos correctamente y favorece una mejor percepción de la relación entre ciencia y tecnología (Carrascosa, Gil Pérez, Vilches y Valdés, 2006). Favorece una mayor participación y también provoca una mejora en la argumentación de sus ideas y opiniones, que a su vez facilita el acceso al conocimiento.

3. Método de enseñanza ISLE

La utilización de las actividades prácticas facilita la observación en los alumnos y el posterior razonamiento. Esto conlleva que los alumnos ejerciten el pensamiento lógico (Koray y Köksal, 2009). Además, puede proporcionarles oportunidades de mejora en la resolución de problemas y capacidad investigadora, para hacer una apropiada generalización acerca de los puntos importantes en ciencia, así como adquirir conocimientos científicos y mantener una actitud positiva hacia la ciencia.

Koray y Köksal (2009) concluyeron que para la educación científica, el área de aplicación de mayor importancia son los trabajos prácticos. Al enfrentarse directamente con los experimentos, los estudiantes podrán establecer distintas hipótesis con mayor facilidad, observar qué ocurre y tratar de averiguar el porqué de las cosas. Con las actividades experimentales se puede superar la enseñanza puramente libresco y la solución a la falta de interés por el aprendizaje de las ciencias cuenta con una larga tradición (Lazarowitz, Tamir, 1994; Lunnetta, 1998). De hecho, constituye una intuición básica para la generalidad de los profesores de ciencias y de los propios alumnos, que contemplan el paso a una enseñanza de las ciencias eminentemente experimental como una especie de “revolución pendiente” (Gil, Pérez et al, 1991). Esta revolución viene apoyada porque los estudiantes que utilizan las habilidades del proceso científico integradas en las actividades de ciencia, aumentan el nivel de su desarrollo cognitivo (Rotter, 1999).

Con el fin de promover este aumento del nivel de razonamiento lógico a través de nuevas metodologías experimentales, existe una metodología innovadora llamada ISLE (en castellano, aprendizaje científico en un entorno de investigación) (Etkina y Van Heuvelen, 2001). Es una metodología de aprendizaje activo de la física, que busca que los estudiantes adquieran las habilidades necesarias para el pensamiento científico acerca de los fenómenos físicos del mundo real (Méndez y Slisko, 2013). Hace un esfuerzo consciente por reflejar los procesos que los físicos emplean en la práctica cuando construyen conocimiento y lo aplican para propósitos útiles. Busca el desarrollo de las ideas del propio estudiante a través de:

- a) Observación de fenómenos.

- b) Desarrollo de explicaciones para estos patrones.
- c) Usar estas explicaciones para hacer predicciones acerca de los resultados de los experimentos de prueba.
- d) Decidir si los resultados de los experimentos de prueba son consistentes con las predicciones.
- e) Revisar las explicaciones si es necesario (Etkina y Van Heuvelen, 2001).

Otra de las características es alentar a los estudiantes a representar los procesos físicos de múltiples formas, como ayudarles a desarrollar representaciones productivas para el razonamiento cualitativo y la resolución de problemas (Etkina y Van Heuvelen, 2007).

A través de esta metodología, los estudiantes son evaluados por su comprensión conceptual, por su habilidad para solucionar problemas y por el uso de distintas habilidades científicas (Etkina y Van Heuvelen, 2004). Esto supone una gran diferencia respecto a las metodologías tradicionales, donde predominaba la importancia del resultado frente al concepto.

4. Objetivos

El objetivo principal es mostrar que se puede aumentar el nivel de pensamiento abstracto utilizando una metodología de enseñanza innovadora basada en el aprendizaje activo. Para ello, se busca conocer el razonamiento abstracto del que parten las alumnas de 4º de ESO y medir la variación de este pensamiento con la metodología de enseñanza utilizada.

También establecimos otros objetivos relacionados con los cambios de actitudes y motivaciones de las alumnas hacia la asignatura, entre los que podemos destacar:

- Conocer el nivel de razonamiento lógico del que parten nuestras alumnas a la hora de enfrentarse a conocimientos físico-químicos.
- Determinar el nivel de razonamiento lógico con el que terminan después de la intervención.
- Captar el interés de las alumnas haciendo las clases más amenas ofreciendo una visión práctica a través de experimentos.
- Mostrar la aplicación práctica de la física con fenómenos que ocurren en la vida cotidiana.

5. Metodología

La investigación se realizó en un centro en el que a partir de primaria se separa al grupo de cada curso en dos líneas de alumnos y dos líneas de alumnas. Dado que el centro es de reciente creación, el curso de 4º de la ESO sólo tiene una línea. Está compuesto por 27 alumnas, 18 de las cuales cursan el itinerario de Ciencias, en el que vamos a realizar la investigación. Ninguna de ellas ha repetido, por lo que tienen entre 15 y 16 años.

Inicialmente el trabajo estaba distribuido a lo largo de 8 sesiones semanales. La primera y la última se emplearían en aplicar el test de razonamiento lógico TRL (versión castellana del TOLT validada por Acevedo y Oliva, 1995) inicial y final a las alumnas.

La mitad de las seis sesiones intermedias, que tendrían una periodicidad semanal, estarían destinadas a realizar los experimentos, la otra mitad de esas sesiones se dedicaría a continuar con el temario de la asignatura de física y química. Finalmente hubo que reducir el número de sesiones y dedicar algunas de ellas a realizar experimentos exclusivamente.

5.1. Test de razonamiento lógico (TOLT)

Para valorar si hemos aplicado la metodología correctamente y con el fin de evaluar los resultados obtenidos, hemos de cuantificar el nivel de razonamiento lógico que tienen nuestras alumnas antes y después de la experiencia para poder comparar resultados y sacar las conclusiones adecuadas.

Para diagnosticar el nivel de desarrollo intelectual de los estudiantes, Piaget desarrolló entrevistas clínicas personales. Aunque es el modo preferido para evaluar el nivel de razonamiento formal, el tiempo requerido para las entrevistas individuales y la posible falta de objetividad por parte del entrevistador llevó al desarrollo de otras pruebas pensamiento lógico, tales como el test de razonamiento lógico (TOLT) (Tobin y Capie, 1981).

El TOLT es un test para medir la habilidad de razonamiento lógico. Se completa con lápiz y papel y tiene una duración establecida de 40 minutos. Existen datos de investigaciones que apoyan el TOLT como un medio eficaz para identificar a estudiantes de diferente capacidad de razonamiento formal en investigación basada en el aula (Tobin y Capie, 1981).

El test TOLT evalúa cinco habilidades de razonamiento que tienen relevancia en la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular. Es un test de opción

múltiple que proporciona diversas justificaciones para la respuesta seleccionada. Contiene dos elementos para cada una de las siguientes habilidades:

- Razonamiento proporcional. El conocimiento de la habilidad de razonamiento proporcional de las alumnas resulta crucial para determinar su habilidad para trabajar y entender la naturaleza cuantitativa de la física. Aquellos alumnos que no pueden razonar proporcionalmente tienen dificultad para comprender ecuaciones, relaciones funcionales y conceptos como velocidad, aceleración y densidad.
- Probabilidad. El razonamiento probabilístico permite al alumno entender la necesidad de intentos repetidos en la investigación así como el uso de medias de datos recogidos de otros experimentos similares.
- Control de variables. El proceso de identificación y control de variables es la habilidad de pensamiento más importante que la física busca desarrollar. Con el fin de diseñar investigaciones experimentales, las alumnas han de ser capaces de determinar, discriminar y manipular variables dependientes e independientes. Esta habilidad es necesaria para comprender la relación tiempo- movimiento.
- Razonamiento correlacional. Para identificar y verificar las relaciones entre variables y resolución de problemas, los alumnos deben tener razonamiento correlacional.
- Combinatoria. Para interpretar estudios de desplazamiento en función del tiempo los alumnos deben ser capaces de determinar las relaciones entre las variables de los datos recogidos (Rotter, 1999).

Todas las sesiones se han realizado en el aula habitual de las clases de física y química. En todas las sesiones las alumnas han trabajado de forma individual, a excepción

de la última sesión de experimentos. En esta última sesión la clase fue dividida en cuatro grupos, dos grupos de cinco y dos grupos de cuatro alumnas.

5.2. Descripción de las actividades

Seguimos un método parecido al ISLE previamente citado. Las sesiones se distribuían de la siguiente forma: la profesora realizaba un experimento, daba un tiempo para que las alumnas explicasen por qué sucedía lo que habían visto, luego se les pedía que predijeran qué pasaría si hiciéramos alguna modificación en el experimento, luego lo veían y se les explicaba. En las sesiones donde tenían que trabajar individualmente, las alumnas respondieron por escrito a las cuestiones que se les planteaban.

En la sesión realizada en grupo, tenían que argumentar entre ellas las posibles respuestas y ponerse de acuerdo para dar una respuesta en común. En la siguiente tabla, aparece la distribución de experimentos a lo largo de las sesiones.

Tabla I. Distribución y descripción de las actividades a lo largo de las sesiones

Distribución de las sesiones			
Sesión	Contenido	Material	Descripción
1ª	Aplicación test TOLT	Cuadernillo de aplicación	Se explicaron las instrucciones del test a las alumnas y se repartieron los cuadernillos
2ª	Experimento 1	Botella de plástico Balde Agua	Se hace un pequeño agujero en un lado de la mitad inferior de la botella vacía, se llena 2/3 de agua, observamos que cae el agua a través del agujero, si tapamos la botella vemos que deja de caer.
3ª	Experimento 2	Vaso de cristal Agua Postal	Llenamos el vaso de agua, colocamos la postal encima cubriendo por completo el vaso, con el lado satinado en contacto con el agua y damos la vuelta al vaso, observando que el agua no cae.

Distribución de las sesiones			
Sesión	Contenido	Material	Descripción
4 ^a	Experimento 3	Vídeo 1.	Se plantea cómo romper una regla de madera sin sujetarla, empleando únicamente un martillo y unas hojas de papel. Se coloca la regla en el borde de una superficie de manera que la mitad de la regla quede sobre la superficie y la otra mitad suspendida en el aire. Encima se colocan unas hojas de papel sobre la mitad que no asoma, se da un golpe con el martillo y la regla se rompe.
	Experimento 4	Vídeo	Se disponen unos palillos de madera, doblados pero sin llegar a estar partidos, uniendo los vértices de los ángulos, con los extremos hacia fuera. En el centro se colocan un par de gotas de agua. Al absorber el agua los palillos, la madera se hincha y los palillos se separan, formando una estrella.
	Experimento 5	Vídeo	Se colocan unos moldes de papel apilados sobre un recipiente conectado a un sistema que transmite corriente. Al aplicar la corriente, se crean fuerzas repulsivas entre los vasos y éstos se separan. El efecto es que los moldes van saltando de uno en uno.
5 ^a	Experimento 6	1 jeringa.	Tapamos la salida de la jeringa y apretamos el émbolo. Inicialmente el émbolo se desplaza. Llega un momento en que ya no avanza más.
	Experimento 7	Cada equipo: 1 maceta 1 bolsa de plástico 1 goma elástica	Entregamos el material a cada equipo y pedimos que planteen la manera de demostrar la existencia de la presión atmosférica. Al cabo del tiempo, les damos orientaciones y finalmente les enseñamos cómo hacerlo. Introducimos la bolsa en el interior de la maceta. Retiramos el aire entre la maceta y la bolsa y la atamos con una goma al borde de la maceta. Por mucha fuerza que hagan para tirar de la bolsa, no pueden.
	Experimento 8	Vídeo 4.	Dos latas conectadas por un palillo de madera del que cuelga una bolita de papel de plata. Una de las latas está conectada a

Distribución de las sesiones			
Sesión	Contenido	Material	Descripción
			una fuente de electricidad. Al transmitir la electricidad, la lata se carga y atrae al péndulo, que a su vez se carga también y es repelido, con lo que va chocando alternativamente con una lata y con la otra. Al cesar la corriente, el péndulo se queda quieto y al acercar un elemento conductor, vuelve a moverse.
6 ^a	Aplicación test TOLT	Cuadernillo de aplicación	Se explicaron las instrucciones del test a las alumnas y se repartieron los cuadernillos.

6. Resultados

Para poder analizar correctamente los resultados, las puntuaciones obtenidas en los test se correlacionaron con tres niveles de razonamiento según la siguiente clasificación: una puntuación en el test TRL entre 0 y 3 corresponde al nivel concreto de razonamiento, entre 4 y 6 al transicional y entre 7 y 10 se encuentra el nivel de razonamiento formal.

A continuación, se presentan los resultados de esta investigación. Empezando por el estudio de los datos obtenidos de una forma general para continuar clasificando los resultados según las categorías del test y según el nivel de razonamiento inicial y final de las alumnas.

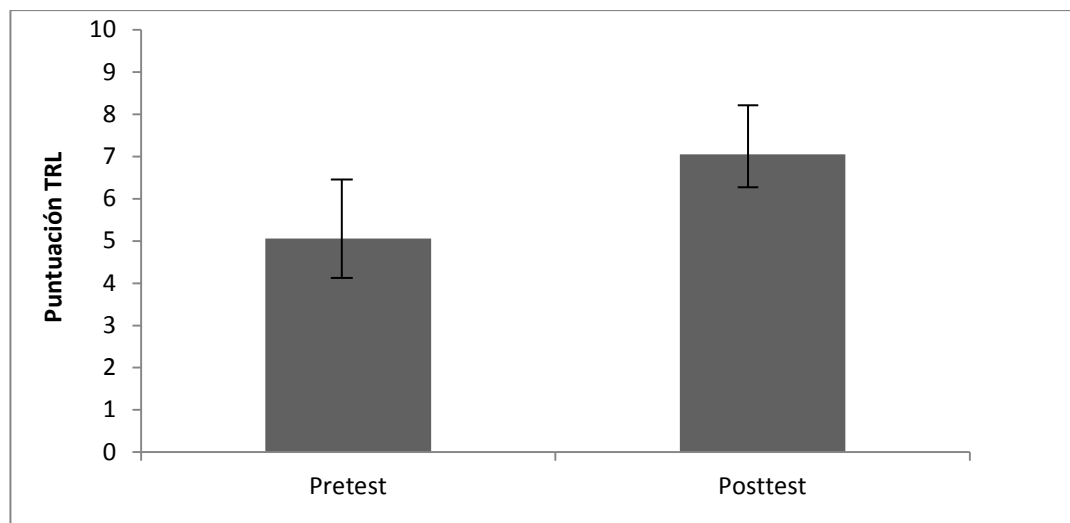


Figura I. Media y desviación estándar en el test TRL inicial y final

Las alumnas han mejorado notablemente la puntuación en el TRL final con respecto al TRL inicial. La media en el test inicial es de 5.05 con una desviación estándar de 2.32 y la media en el test final es 7.05 con una desviación de 1.89.

Según la ganancia normalizada (Hake, 1998):

$$g = (\text{posttest} - \text{pretest}) / (10 - \text{pretest})$$

Las alumnas han logrado una ganancia de 0.40 con una desviación estándar de 0.28. El valor de la χ^2 calculada es 35.71 mientras que el valor teórico para 0.95 es 30,191. Por tanto, la diferencia entre los resultados de las puntuaciones iniciales y finales en los test es estadísticamente significativa, lo que demuestra que se ha producido un incremento en el razonamiento lógico gracias a la aplicación de la metodología ISLE como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos relacionados con la física.

A continuación, los resultados distribuidos según las distintas categorías que componen la prueba.

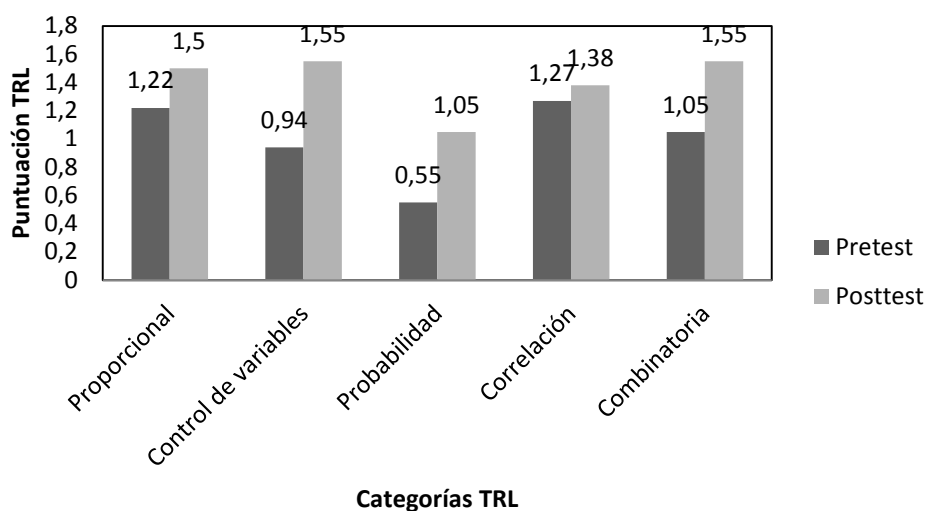


Figura II. Media de las puntuaciones en las distintas categorías del TRL antes y después

Las puntuaciones han mejorado en todas las categorías del test. En tres de las cinco categorías se ha producido una mejora importante en los resultados, como son el control de variables, con una ganancia de 0.61, y la probabilidad y la combinatoria, con una ganancia de 0.5 cada una, lo que supone un cambio significativo. En el área proporcional la ganancia ha sido de 0.28 y en cambio, las alumnas prácticamente han mantenido los resultados iniciales en el razonamiento correlacional, con una ganancia de tan sólo 0.09.

En la siguiente figura aparecen reflejados los datos de los niveles de razonamiento de los que partían las alumnas y los resultados finales. Podemos observar que la mayoría de las chicas ya partían de un nivel de razonamiento transicional o formal. A pesar de ello obtienen mejoría postest.

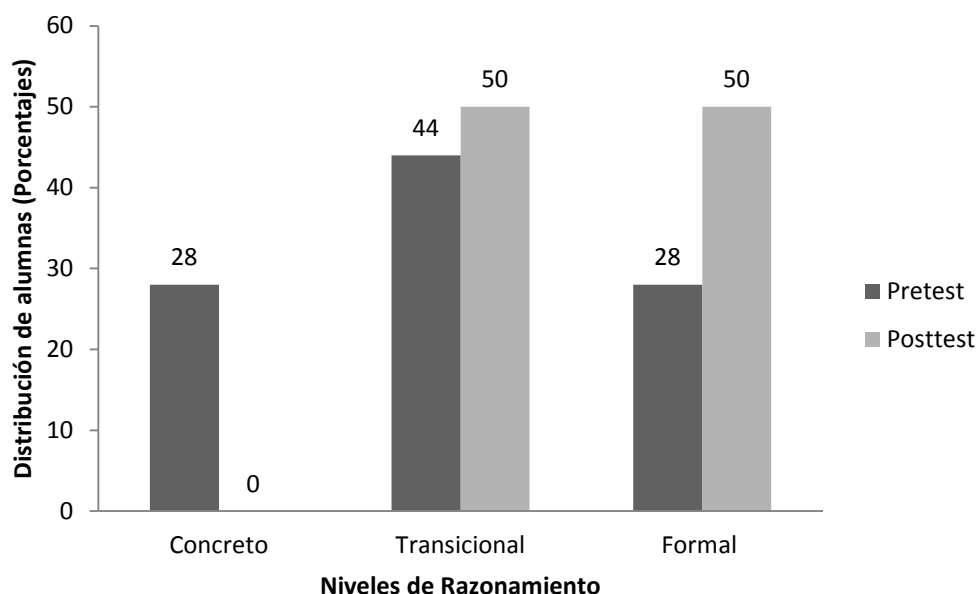


Figura III. Distribución del nivel de razonamiento formal en los test iniciales y finales

El 50% de las alumnas ha cambiado a un nivel de razonamiento superior tras las sesiones de experimentos con la metodología similar a ISLE. El 28% de las que han mantenido el nivel de razonamiento ya se encontraban en el superior, con lo que no podían ascender de nivel. Tan sólo un 22% del total de alumnas que podrían haber subido de nivel se ha mantenido en el nivel del que partía, e inicialmente se encontraba en el nivel transicional. Además, la mitad de aquellas que se han mantenido en el nivel del que partían, ya fuera el transicional o el formal, han mejorado su puntuación dentro de la categoría. Ninguna de las alumnas ha bajado su puntuación.

7. Discusión

Para poder mostrar la consistencia de la investigación, se van a comparar los resultados con estudios similares, bien porque hayan empleado el TRL/TOLT para analizar

el nivel de razonamiento en este grupo de edad o bien porque hayan empleado la metodología ISLE para incrementar el razonamiento lógico de las alumnas.

A continuación mostramos los resultados obtenidos por distintos autores en estudios realizados con muestras de edad similar a la nuestra. Todos los grupos que se describen en el gráfico que presentamos a continuación tienen edades comprendidas entre los 14 y 16 años.

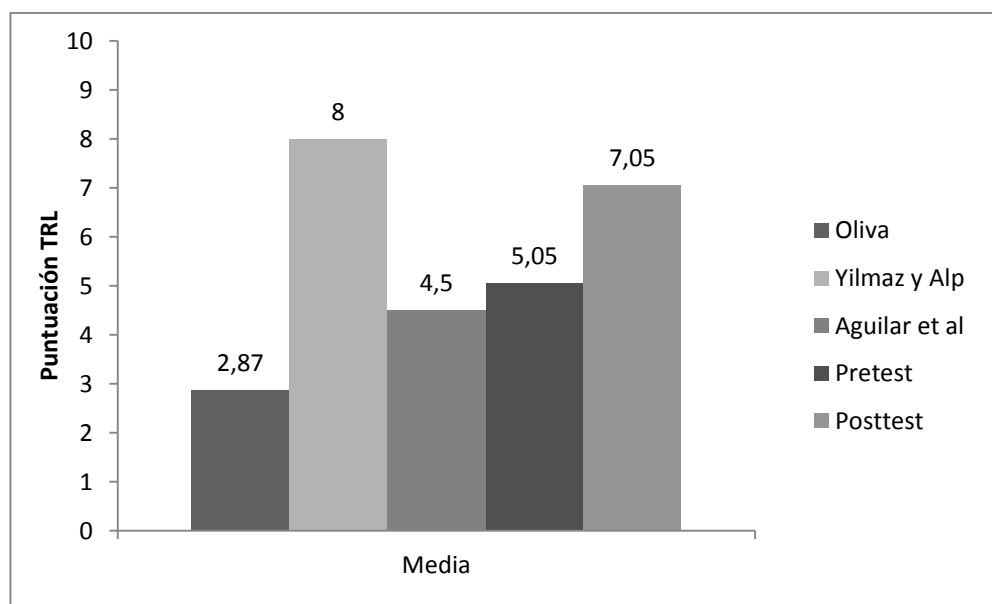


Figura IV. Media del TRL/TOLT en grupos de edad similar

Las alumnas de esta investigación han obtenido una media de 5.05 en el test previo a la realización de experimentos. En grupos de edad similares, observamos que en el estudio realizado por Aguilar, Navarro, López y Alcalde (2002) el grupo de alumnos de este mismo curso, 4º de ESO, obtuvo una media de 4.5 en el test. En la muestra de 3º y 4º de ESO analizada por Oliva (1999) la media fue de 2.87. En el caso del posttest, la media es muy superior a estos estudios.

Valanides (1998) encontró diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en el TRL/TOLT entre niños y niñas, donde los niños obtenían puntuaciones medias de 4.8 frente a 3.41 de las niñas.

En cuanto a los niveles de razonamiento, Valanides (1998) hace referencia a alumnas de un curso inferior y establece cuatro niveles de razonamiento según las puntuaciones obtenidas en el TOLT. El nivel de razonamiento concreto corresponde a puntuaciones comprendidas entre 0 y 1. El transicional a puntuaciones entre 2 y 3. El razonamiento formal se relaciona con resultados en el intervalo de 4 a 7, y el pensamiento formal riguroso entre 8 y 10. Para poder hacer la comparación, hemos clasificado nuestros resultados según ese mismo criterio.

Tabla II. Distribución en porcentaje según el nivel de razonamiento en alumnas

Nivel de razonamiento	Pretest	Posttest	Valanides
Concreto (0-1)	0,0	0,0	49,5
Transicional (2-3)	27,8	0,0	26,7
Formal (4-7)	55,6	55,6	19,9
Formal riguroso (8-10)	16,7	44,4	3,9

Los resultados son superiores tanto en la muestra pretest como en el posttest, alcanzando todas las alumnas el nivel de razonamiento formal. Según esta clasificación, casi la mitad de las alumnas llegarían al más alto nivel de razonamiento. Parte de esta superioridad se puede explicar porque las alumnas de Valanides son de un curso inferior y diversos autores afirman que el desarrollo del razonamiento está relacionado con la edad (Valanides, 1998; Yilmaz y Alp, 2006).

Podemos comparar los resultados según las puntuaciones obtenidas en las distintas categorías del TRL.

Tabla III. Medias obtenidas en las distintas categorías del TRL/TOLT

CATEGORÍAS TOLT	Oliva	Pretest	Posttest	Yilmaz y Alp
Razonamiento Proporcional	0,58	1,22	1,50	1,7
Control de Variables	0,77	0,94	1,56	1,7
Probabilidad	0,26	0,56	1,06	1,3
Correlación	0,52	1,28	1,39	1,67
Combinatoria	0,73	1,06	1,56	1,73
Media total	2,87	5,05	7,05	8,1

En este grupo de edad, las categorías más desarrolladas son el razonamiento proporcional, el control de variables y la combinatoria, datos que coinciden en las tres muestras analizadas. La probabilidad se situaría en el nivel más bajo.

Por último, podemos comparar los resultados obtenidos con otro estudio que ha empleado la metodología ISLE, realizado por Méndez y Slisko (2013), con la participación de estudiantes que cursaban el grado de Magisterio en Educación Primaria.

Tabla IV. Comparativa de resultados en distribución de niveles de razonamiento y medias del TRL/TOLT

Nivel de razonamiento	Méndez-Slisko pretest	Pretest	Méndez-Slisko posttest	Posttest
Concreto (0-1)	10,3	0,0	6,9	0,0
Transicional (2-3)	24,1	27,8	10,3	0,0
Formal (4-7)	55,6	55,6	44,9	55,6
Formal riguroso (8-10)	10,3	16,7	37,9	44,4
Ganancia	-	-	0,28	0,40
Puntuación media TRL/TOLT	4,93	5,05	6,35	7,05

La puntuación media de los dos grupos antes de la realización de los experimentos es similar, mientras que la media final de las alumnas de esta investigación es ligeramente superior al grupo de Méndez y Slisko. Respecto a los niveles de razonamiento, las alumnas alcanzan, como mínimo, el nivel formal, mientras que en el grupo de Méndez y Slisko todavía permanecen algunos en el nivel transicional.

8. Conclusiones

En este estudio se muestra que la metodología ISLE resulta efectiva para conseguir mejorar el nivel del pensamiento abstracto de las alumnas. Se ha cumplido el objetivo principal de la investigación.

Además se ha observado un cambio en el nivel de razonamiento significativo comparado con otras investigaciones. Este desarrollo de la capacidad de razonamiento abstracto facilitará la comprensión de la ciencia.

De forma paralela, también se ha logrado que las alumnas muestren un mayor interés por la asignatura, aunque éste no fue cuantificado a través de ningún cuestionario, sino a raíz de los comentarios que hicieron las alumnas a las profesoras de otras asignaturas. La profesora titular se mostró satisfecha, al tener la oportunidad de darle una visión práctica a la asignatura de física y química a través de las sesiones de experimentos. También percibió una clara mejoría en el comportamiento del conjunto de la clase en aquellas sesiones que se dividieron en teoría (avanzar en el temario) y práctica (realización de experimentos). La realización de experimentos estuvo condicionada a su actitud en clase durante la explicación teórica.

Algunas de las ventajas que se pueden relatar en la metodología ISLE son:

- Fácil de implementar en la clase, dado que la formación que precisa el profesor que va a emplearla es sencilla.
- Los recursos utilizados, un proyector, un ordenador con conexión a internet y objetos de la vida cotidiana, son relativamente fáciles de encontrar actualmente en un colegio.
- Promueve la participación de las alumnas en clase y consigue captar su interés.
- Facilita una visión práctica de la física con la que las alumnas se ven más identificadas, lo que facilita su comprensión.

9. Bibliografía

Acevedo, J. A. y Oliva, J. M. (1995). Validación y aplicaciones de un test razonamiento lógico, *Revista de Psicología General y Aplicada*, 48, 339–352.

Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), 3-16.

Aguilar Villagrán, M., Navarro Guzmán, J. I., López Pavón, J. M., & Alcalde Cuevas, C. (2002). Pensamiento formal y resolución de problemas matemáticos. *Psicothema*, 14 (2), 382-386.

Bybee, R.W. (1993). *Reforming science education: Social perspectives and personal reflections*. New York: Teachers College Press.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices* (Vol. 88). Portsmouth, NH: Heinemann.

- Carrascosa, J.; Gil-Pérez, D.; Vilches, A. y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23 (2), 157-181.
- Etkina, E. y Van Heuvelen, A. (2001). Investigative Science Learning Environment: Using the processes of science and cognitive strategies to learn physics. Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference. Rochester, NY, 17-21.
- Etkina, E. y Van Heuvelen, A. (2004). *Investigative science learning environment*. Forum on education of the American physical society, spring issue, 12-14.
- Etkina, E. y Van Heuvelen, A. (2007). Investigative science learning environment—A science process approach to learning physics. *Research-based Reform of University Physics, Reviews in PER*, Vol. 1, edited by E. F. Redish and P. J. Cooney (American Association of Physics Teachers, College Park, MD, 2007).
- Fourez, G. (1997) Scientific and Technological Literacy. *Social Studies of Science*, 27, 903-936.
- Fourez, G. (2002). Les sciences dans l'enseignement secondaire. *Didaskalia*, 21, 107-122.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365- 376.
- Gil-Pérez, D.; Carrascosa, J.; Furió, C.; Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Hand, B.M., Prain, V. y Yore, L.D. (2001). Sequential writing tasks' influence on science learning. In P. Tynjala, L. Mason & K. Lonka (Eds.). *Writing as a learning tool: Integrating theory and practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Hake, R. (1998), Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of physics*, 66 (1), 64-74.
- Koray (2003). *Fen Eğitiminde Yaratıcı Düşünmeye Dayalı Öğrenmenin Öğrenme Ürünlerine Etkisi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Koray y Köksal (2009). The effect of creative and critical thinking base laboratory applications on creative and logical thinking abilities of prospective teachers. *Asia-Pacific forum on science learning and teaching*, 10 (1), 1-13.
- Lawson, A.E. (2004). The nature and development of scientific reasoning. A synthetic view. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2 (3), 307-338.
- Lazarowitz, R. y Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science, in D. L. Gabel. (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-130). New York: Macmillan.
- Lunetta, V.N. (1998). The school science laboratory: Historical perspective and centers for contemporary teaching. In Fraser, B.J. & Tobin, K.G. (Eds). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Méndez, D. y Slisko, J. (2013). The influence of active physics learning on reasoning skills of prospective elementary teachers: A short initial study with ISLE methodology. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 7, 3-9.
- Ogan_Bekiroglu, F. y Eskin, H. (2012). Examination of the relationship between engagement in scientific argumentation and conceptual knowledge. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1415-1443.

- Oliva, J. (1999). Structural patterns in students' conceptions in mechanics. *International Journal of Science Education*, 21(9), 903-920.
- Rotter, C.A. (1999). *Predicting Student's Level Of Reasoning Through The TOLT Test*. Recuperado el 30 de marzo de 2014 de [http://www.as.wvu.edu/phys/rotter/phys201/1 Habits of the Mind/Test of Logic Thinking.html](http://www.as.wvu.edu/phys/rotter/phys201/1_Habits_of_the_Mind/Test_of_Logic_Thinking.html)
- Sjoberg, S. (2003). Science and Technology Education: Current Challenges and Possible Solutions. En E.W. Jenkins (Ed.). *Innovations in science and technology education*, Vol. VIII. París: UNESCO. Recuperado el 20 de febrero de 2014 de http://folk.uio.no/sveinsj/STE_paper_Sjoberg_UNESCO2.htm.
- Tobin, K. G. y Capie, W. (1981). The development and validation of a Group Test of Logical Thinking, *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-423.
- Valanides, N. (1997). Formal reasoning abilities and school achievement. *Studies in educational evaluation*, 23 (2), 169-185.
- Valanides, N. (1998). Formal operational performance and achievement of lower secondary school students. *Studies in Educational Evaluation*, 24 (1), 1-23.
- Veerman, A., Andriessen, J. y Kanselaar, G. (2002). Collaborative argumentation in academic education. *Instructional Science*, 30, 155–186.
- Yilmaz, A. y Alp, E. (2006). Students' understanding of matter: the effect of reasoning ability and grade level. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 22-31.

ANEXO

Vídeo 1: <http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=EkM-CO9-X3g>

Vídeo 2: <http://www.youtube.com/watch?v=oyNnhvqlrns&feature=related>

Vídeo 3: http://www.youtube.com/watch?v=GTvlshkTUYs&feature=player_embedded

Vídeo 4: http://www.youtube.com/watch?v=-2nUwbSUNU&feature=player_embedded

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Souvirón Gaytán de Ayala, P. y Méndez Coca, D. (2015). Desarrollo del pensamiento lógico por medio de la metodología de enseñanza ISLE. *Aula de Encuentro*, nº 17, vol. 1. pp. 212-238.

***Pilar Souviron Gaytán de Ayala es
Maestra del Colegio Las Tablas-Valverde de Madrid
Correo- e: pilar.souviron@tfscro.com***

***David Méndez Coca es
Profesor Titular en el Centro de Estudios Superiores Don Bosco
(Adscrito a la Universidad Complutense de Madrid).
Correo- e: dmendez@cesdonbosco.com***

Enviado: 27 de octubre de 2014

Aceptado: 15 de marzo de 2015