



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Departamento de Educación. Didáctica de las
Ciencias Experimentales

Máster en Investigación y Evaluación Didáctica en
el Aula para el Desarrollo Profesional Docente

CULTIVO DE LENTEJAS: EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE POR INDAGACIÓN EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Ana María García Tristán

Director: D. Gabriel Núñez Ruiz

Codirector: Dr. Enrique Miguel López Carrique

Almería, septiembre de 2018

Índice

I. Resumen.....	3
II. Introducción.....	4
Justificación	4
Investigación por indagación (Inquiry Based Science Learning).....	6
La enseñanza por indagación en el currículum de Educación Primaria.....	9
Ensayos y trabajos de enseñanza por indagación en Educación Primaria.....	11
Aspectos que intervienen en el aprendizaje del alumnado: interés/motivación.....	12
La importancia de las ideas previas del alumnado y la confrontación conceptual	13
III. Objetivos	14
IV. Metodología.....	14
Participantes	14
Intervención en el aula	15
Diseño experimental con control de variables (DECV)	16
Toma de datos	17
Análisis de datos	18
V. Resultados/discusión.....	18
Conocimiento previo de los alumnos sobre las necesidades de las plantas	18
Interés del alumnado por la experimentación.....	20

Participación y rendimiento de los alumnos	23
Factores que contribuyen al incremento del rendimiento escolar ...	25
VII. Conclusiones.....	29
VIII. Referencias bibliográficas.....	30

I. Resumen

Este trabajo es un trabajo de investigación en el que a través de una metodología de investigación cualitativa se pretende conocer el resultado del uso de una metodología de aprendizaje por indagación en el alumnado de Educación Primaria para el estudio de las ciencias. Esto surge para buscar una solución a la actual situación en la que se encuentran las ciencias, ya que vemos como el alumnado abandona el estudio de estas y se desvían hacia las ciencias sociales o incluso deriva en el abandono escolar.

La enseñanza de las ciencias no puede basarse a la transmisión y memorización de conocimientos, sino que debe de haber un aprendizaje experiencial, en el que los alumnos y alumnas aprendan a través de la investigación, planteándose preguntas de problemas relacionados con su entorno cercano, de manera que haya un aprendizaje significativo.

Son muchos los investigadores, pedagogos, etc., los que ofrecen alternativas varias para el aprendizaje de las ciencias de manera diferente a la que conocemos tradicionalmente. Por eso, se ha puesto en práctica un ensayo de enseñanza basada en la indagación (Inquiry Based Learning) a través de la realización de una intervención en un grupo de cuarto de educación primaria. Lo que se pretendía con este estudio es comprobar si a través de esta metodología, los alumnos/as son capaces de diseñar experimentos, y, a partir de ellos, construir un conocimiento significativo de una manera más activa. Para ello, se han estudiado diferentes componentes que llevan a la mejora del rendimiento académico como son el interés, la participación, el planteamiento de hipótesis/conclusiones correctas y la influencia o necesidad de unos conocimientos previos.

Se han obtenido resultados acertados con las hipótesis planteadas ya que se ha observado una mejora tanto en el aprendizaje del alumnado como un aumento de la motivación. Aunque se pone de manifiesto la necesidad de una formación conceptual previa tanto por parte del alumnado como del profesorado para el buen desarrollo de los experimentos.

II. Introducción

Justificación

Las ciencias son primordiales en la educación ya que existe una relación entre ambas, tanto porque las ciencias son contenido en sí que se estudia, como por su contribución a la realidad que vivimos hoy día.

La relación entre el conocimiento científico y la educación se puede entender desde dos perspectivas (Gómez y Rubio, 2017):

- Una histórico-cultural, que considera el conocimiento científico como una actividad que crea conocimiento desde una perspectiva cultural inmerso en un contexto histórico.
- Una histórico-cultural y complejidad, que relaciona la complejidad y crisis ecosocial (crisis ecológica y ambiental que vivimos en la actualidad). Es decir, la necesidad de enfocar el conocimiento científico como una manera de que las generaciones futuras intervengan en la sociedad de manera responsable y concienciada de la necesidad de preservar nuestro medio.

El conocimiento científico no es un “algo acabado” y objetivo. En este sentido, Maturana y Valera (1995) afirman que el estudiante no es una máquina receptora objetiva, sino que existen interacciones neurobiológicas. Por lo tanto, el conocimiento científico debe ser una actividad dialogante, viva, asumiendo a la vez los límites y contradicciones del mismo.

En la educación se deben observar las ciencias como un medio para comprometer a las generaciones futuras desde el conocimiento científico. Pero actualmente vemos como en las escuelas los alumnos/as se sientan a escuchar y memorizar contenidos. Así, si queremos una educación para el futuro, debemos concebir la enseñanza del conocimiento científico como algo que implique emociones, valoraciones, sentimientos (Castillo, 2011). Es decir, el conocimiento debe presentarse como algo subjetivo, algo que se debe investigar, para así, aprender a vivir en un contexto de incertidumbre.

Las ciencias son muy necesarias ya que son la base de los avances de la sociedad actual que mejoran la vida humana (Kaptan y Timurlenk, 2012). Sin embargo observamos cómo el número de alumnos y alumnas que se dedican al estudio de las ciencias se reduce progresivamente. Este proceso deriva de una crisis que viene teniendo la enseñanza de las ciencias desde hace décadas (Yager & Yager, 1985; Weis, 1987; Czerniak & Chiarelott, 1990; Morrone, 2001; Jenkins y Pell, 2006). Esta crisis no ocurre solamente en España, sino que afecta a casi todos los países y continentes y principalmente afecta a las ramas de las matemáticas, física y química (Bevins, 2005; Maltese & Tai, 2011; Fitzgerald et al., 2013). La Unión Europea (EURYDICE, 2008) está promoviendo medidas para fomentar la mejora de la enseñanza de las ciencias, centrándose sobre todo en la etapa de educación primaria que es donde tiene un impacto a largo plazo (Comisión Europea, 2007).

Vivimos en la sociedad de las tecnologías de la información y la comunicación, de manera que todo el mundo tiene acceso a una gran información de manera rápida. Esto no tiene ninguna relación con la enseñanza tradicional que se ha venido realizando en las escuelas (Potyrala, 2011) y por tanto, cuando el alumnado busca una información concreta quiere una respuesta inmediata, de ahí que la enseñanza de las ciencias necesite una urgente relación y uso de estas tecnologías (Juwah, 2006).

Uno de los principales motivos de rechazo del estudio de las ciencias está relacionado con el excesivo contenido teórico que se imparte en las escuelas, lo cual causa que el entusiasmo inicial del alumnado se convierta en agobio (Fensham, 2006). Por otro lado, a ese exceso de información y de contenidos se le suma que no existen modelos demostrativos y experienciales, lo que hace a este contenido abstracto y sin sentido (Roberts, 2002).

Otros aspectos a tener en cuenta son la escasa formación del profesorado en este ámbito y sus preferencias por otras áreas de conocimiento de manera que se contagia el rechazo hacia estos contenidos al alumnado, llegando incluso a evitar ciertos temas en ciencias en ciencias por no dominar el contenido de estos (Harlen, 1997). Diferentes estudios demuestran que el rechazo a las ciencias y las

actitudes negativas hacia estas se va incrementando con la edad, sobre todo en las mujeres (Mesa et al., 2014).

Una de las necesidades y cambios a realizar en el sistema educativo es la mejora de la formación del profesorado en las universidades para recuperar el entusiasmo por la enseñanza de las ciencias (Czerniak y Chiarelott, 1990). Se ha demostrado que cuando los profesores están formados en ciencias de manera adecuada, contagian ese entusiasmo al alumnado hacia las ciencias y lo hacen usando estrategias de enseñanza innovadoras.

Es muy importante tener en cuenta que el papel de los maestros y maestras de primaria es primordial, ya que es en la primera etapa en la que el alumnado tendrá contacto con las ciencias y dependiendo de la estrategia de enseñanza empleada se generará un interés (o no) hacia las ciencias durante esos años (Fitzgerald et al., 2006).

Por otro lado, los docentes alegan que no es fácil impartir clases atractivas por falta de tiempo, material, espacio, etc. y a esto se le suma que los currículos están diseñados hacia una enseñanza tradicional y con y con contenidos muy densos y sin proponer alternativas para enganchar al alumnado (Maltese y Tai, 2011).

Los investigadores coinciden en que una de las soluciones para la crisis que está viviendo las ciencias sería la inclusión de proyectos de investigación (Inquiry Projects) donde los alumnos y alumnas investiguen problemas reales de su vida diaria y del mundo que les rodea y que por lo tanto son relevantes para ellos (Martin et al., 2012).

Investigación por indagación (Inquiry Based Science Learning)

El término indagación es un término que se usa tanto en la educación como en la vida diaria para referirnos a la búsqueda de explicaciones o información a través de preguntas. En la educación, lo que distingue la indagación científica es que lleva al conocimiento y a la comprensión del mundo a través de una interacción

directa con él y a través de la concepción y recaudación de datos para su uso como muestra de las explicaciones de distintos fenómenos (Harlen, 2013).

La indagación no es un concepto nuevo en educación, ya que los estudios de Dewey (1933) entre otros, llamaban la atención sobre la importancia de la curiosidad, la imaginación y la capacidad de interactuar y preguntar de los niños y niñas. Por otro lado, estudios más recientes como el del National Research Council de EE.UU. ha destacado el importante valor que tiene que los niños y niñas se involucren en realizar observaciones, planteen preguntas, recopilen, analicen e interpreten datos y sean capaces de comunicar los resultados (National Research Council, 1996).

Tras los últimos proyectos de investigación se ha formulado la siguiente definición de la educación en ciencias basada en la indagación (ECBI):

“ECBI significa que los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas claves mientras aprenden a investigar y construyen su conocimiento y comprensión del mundo que los rodea. Ellos utilizan habilidades empleadas por los científicos tales como hacer preguntas, recoger datos, razonar y revisar evidencia a la luz de lo que ya se conoce, extraer conclusiones y discutir los resultados. Este proceso de aprendizaje está apoyado por una pedagogía basada en la indagación, donde la pedagogía se entiende no sólo como el acto de enseñar, sino también como las justificaciones que lo sustentan” IAP (2012).

La indagación involucra un proceso con intención de investigar acerca de problemas, crítica de experimentos y búsqueda de alternativas, planificación de esas investigaciones, validación de las hipótesis planteadas, búsqueda de información, construcción de modelos, debate con los compañeros y compañeras de los resultados obtenidos a partir de la construcción de argumentos fundamentados y coherentes. Así con el uso de la indagación lo que se pretende es que los alumnos y alumnas, además de construcción de conocimientos significativos, desarrollen una serie de habilidades comprendan el proceso, y consigan así una imagen de la ciencia más apropiada (Greca et al. 2017).

El aprendizaje de las ciencias a través de este método por indagación, parte desde los conocimientos previos del alumnado, de puestas en común a través del debate entre los compañeros y compañeras en clase y, a partir de ahí, de la realización de actividades de investigación que nos llevarán a resolver un problema que nos hemos planteado inicialmente o a dar respuesta a una pregunta planteada. A partir de este proceso se van construyendo explicaciones desde sus planteamientos y van surgiendo nuevas preguntas. Todo esto fomentará que el alumnado desarrolle la capacidad de explicar sus ideas o hipótesis justificándolas de manera coherente con las pruebas obtenidas. Por tanto, lo que se pretende con este modelo es introducir al alumnado en el conocimiento de las ciencias y sobre todo de los procesos de investigación para que sean capaces de conocer y comprender ideas científicas y cómo los científicos llevan a cabo sus investigaciones para conocer los diferentes fenómenos del mundo (Alake-Tuenter et al., 2012).

Así entendemos al alumnado como una figura con un papel primordialmente activo y como un investigador el cual realice investigaciones que le lleve a construir conocimiento de manera significativa y que desarrolle ciertas habilidades (Bevins y Price, 2016).

En la indagación lo que se busca siempre es enganchar al alumnado en una pregunta de investigación que lleve a generar interés por parte de estos en resolver esta pregunta e investigar de manera que les lleve al desarrollo de competencias científicas.

Tal y como indica Couso (2013) este enfoque de enseñanza de las ciencias genera motivación en el alumnado y un interés de participación, pero no se trata de un momento de diversión en el que solo se basa en manipular sin sentido, sino que deben ser activos intelectualmente, y para ello deberán pensar, preguntar, comprobar, etc.

En cuanto al docente, este no debe de ser una figura autoritaria y principal en la clase, tampoco será la única fuente de información, ya que no se debe decir al alumnado paso por paso lo que deben hacer durante todo el proceso, porque le estaríamos dando un guión y no estarían ellos aprendiendo a través de su propia indagación y de sus errores o aciertos (Furió et al. 2005). El docente será un guía que facilitará que el alumnado llegue a sus conclusiones por sí mismo.

La enseñanza por indagación en el currículum de Educación Primaria

Tras las últimas reformas educativas se ha planteado un nuevo diseño curricular de la educación primaria tanto a nivel estatal como autonómico. Así tenemos que destacar primeramente el Real Decreto 126/2014 de 28 de febrero, por el que se establece el currículum básico de la educación primaria que en su anexo I en las asignaturas troncales, que las ciencias de la naturaleza nos ayudan a conocer el mundo en que vivimos, a comprender nuestro entorno y las aportaciones de los avances científicos y tecnológicos a nuestra vida diaria. A través de las ciencias de la naturaleza nos acercamos al trabajo científico y a su contribución al desarrollo, por lo que es necesario proporcionar a todos los alumnos y alumnas las bases de la formación científica que les ayude a desarrollar las competencias necesarias para desenvolverse en una realidad cambiante cada vez más científica y tecnológica. De esta manera este Real Decreto incluye contenidos, criterios de evaluación y diferentes estándares de aprendizaje evaluables para la educación primaria que los clasifica en bloques temáticos. Concretamente en lo que se refiere a la actividad científica especifica un bloque de contenidos concreto como veremos a continuación, pero además en los distintos bloques de contenidos siguientes incluye contenidos y criterios específicos de la realización de experimentos.

- Bloque de contenidos 1: Iniciación a la actividad científica

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
Iniciación a la actividad científica. Aproximación experimental a algunas cuestiones	Obtener información sobre hechos o fenómenos previamente delimitados, haciendo predicciones sobre sucesos naturales, integrando datos de observación directa e indirecta y comunicando los resultados	Busca, selecciona y organiza información concreta y relevante, la analiza, obtiene conclusiones, comunica su experiencia, reflexiona
Trabajo individual y en grupo	Establecer conjeturas tanto respecto de sucesos que ocurren de una forma natural como sobre los que ocurren	acerca del proceso seguido y lo comunica oralmente y por escrito

Planificación de proyectos y presentación de informes	de cuando se provocan, a través de un experimento o una experiencia Comunicar de forma oral y escrita los resultados obtenidos tras la realización de diversas experiencias, presentándolos con apoyos gráficos	Utiliza medios propios de la observación Manifiesta autonomía en la planificación y ejecución de acciones y tareas y tiene iniciativa en la toma de decisiones
---	--	---

Por otro lado, en Andalucía la Orden 17 de marzo de 2015 desarrolla el currículo correspondiente a la educación primaria en Andalucía. Así en su anexo I en el área que nos ocupa, desarrolla los objetivos de esta entre los que destacamos:

- Utilizar el método científico para planificar y realizar proyectos, dispositivos y aparatos sencillos, mediante la observación, el planteamiento de hipótesis y la investigación práctica, con el fin de elaborar conclusiones que, al mismo tiempo, permitan la reflexión sobre su propio proceso de aprendizaje.
- Analizar y seleccionar información acerca de las propiedades elementales de algunos materiales, sustancias y objetos y sobre hechos y fenómenos del entorno, para establecer diversas hipótesis, comprobando su evolución a través de la planificación y la realización de proyectos, experimentos y experiencias cotidianas.
- Participar en grupos de trabajo poniendo en práctica valores y actitudes propias del pensamiento científico, fomentando el espíritu emprendedor, desarrollando la propia sensibilidad y responsabilidad ante las experiencias individuales y colectivas.
- Comprender la importancia del progreso científico, con el fin de valorar su incidencia y transcendencia en la mejora de la vida cotidiana de todas las personas y en el progreso de la sociedad como conjunto.

Además en esta orden se dan una serie de orientaciones metodológicas en las que se hace mucho hincapié en la importancia de proporcionar experiencias para que el alumnado aprenda a observar la realidad, a hacerse preguntas, y a reflexionar

sobre fenómenos naturales, y conseguir que sean capaces de elaborar respuestas a los interrogantes que le plantea el mundo natural.

Ensayos y trabajos de enseñanza por indagación en Educación Primaria

Minner, Jurist y Century (2010), sintetizando investigaciones realizadas entre 1984 y 2002 sobre el impacto de la enseñanza basada en la indagación en alumnos entre 5 y 12 años, concluyen que esta estrategia incrementa la comprensión conceptual mejor que las estrategias tradicionales. Sin embargo, la presencia de la indagación en primaria es prácticamente nula en España (Cortés et al., 2012) y escasa en el mundo anglosajón (Forbes, 2009), donde ha sido incentivada desde la década de 1990-2000.

En Estados Unidos existen diferentes trabajos de investigación sobre la mejora del rendimiento en ciencias usando diferentes técnicas de aprendizaje. Así, entre 1980 y 2004 diferentes estudios realizados en la educación secundaria, situaron el trabajo colaborativo de los estudiantes como el más efectivo. En él se organizaban grupos para realizar trabajos en laboratorio, proyectos de investigación, discusiones, etc., y métodos basados en la investigación (formulación de problemas, recogida de datos mediante experiencias e investigaciones) (Schroeder, Scott, Tolson, Huang y Lee (2007)

Más recientemente, un estudio realizado por Minner, Levy y Century (2010) sobre trabajos publicados entre los años 1984 y 2002, indican que en la mayoría de los casos de utilización de los métodos basados en la indagación conlleva a un aumento de conocimiento de las ciencias y motivación e interés por parte del alumnado. La realización de trabajos prácticos, observaciones, experimentos, etc., tiene un efecto motivador para el alumnado, por lo tanto es fundamental para contrarrestar la progresiva pérdida de interés por las ciencias que va teniendo el alumnado conforme va avanzando la escolarización (Yager y Penick, 1986; Vázquez y Manassero, 2008).

La mayoría de los estudios y ensayos realizados han sido en la etapa de la Educación Secundaria, siendo muy escasos los realizados en la Educación Primaria.

Aspectos que intervienen en el aprendizaje del alumnado: interés/motivación

Existen numerosas investigaciones que ponen de manifiesto que el papel activo del sujeto que está en proceso de aprendizaje aumenta cuando este se siente autocompetente. Cuando existe una motivación por parte del alumnado, esta influye en las estrategias cognitivas y metacognitivas necesarias para llevar a cabo tareas como la regulación del esfuerzo y la persistencia ante situaciones problemáticas (Nuñez, 1998).

Hasta hace poco, las investigaciones trataban los aspectos motivacionales y cognitivos del aprendizaje escolar como algo separado y sin relación entre sí (García y Pintrich, 1994). Los aspectos motivacionales aportan información sobre el “por qué” del trabajo que realizan los alumnos, es decir, de su esfuerzo y persistencia ante las tareas escolares. Y por otro lado, los aspectos cognitivos describen el “cómo” los estudiantes llegan a comprender estas tareas a través del uso de diferentes fuentes cognitivas como pueden ser los conocimientos previos (Nuñez, 1998).

Para que un alumno/a aprenda es primordial que el alumnado sea cognitivamente capaz para enfrentarse a las tareas planteadas y que se encuentre motivado hacia este aprendizaje (Nuñez y Gonzalez-Pumariega, 1996).

Cuando hablamos de los aspectos cognitivos tenemos que tener en cuenta la importancia de diferentes variables como los conocimientos previos del alumnado, los estilos cognitivos y de aprendizaje y las estrategias de aprendizaje. Así como en cuanto a las variables a tener en cuenta en la motivación serán las expectativas del alumno/a hacia ese aprendizaje, sus intereses, sus objetivos y

contexto, así como la capacidad de este para la realización de las tareas (Boekaerts, 1996, Valle et al., 1996).

Recientes investigaciones ponen de manifiesto que la implicación activa del alumnado en el proceso de aprendizaje aumenta cuando este se siente autocompetente, es decir, cuando este confía en sus capacidades y tiene la percepción de que el trabajo realizado es eficaz e importante, valora más la tarea a realizar y se siente partícipe y responsable de los objetivos de aprendizaje (Miller, Behrens y Greene, 1993). Todo esto influye positivamente sobre las estrategias cognitivas y metacognitivas y sobre el esfuerzo realizado, lo que finalmente afecta directa y positivamente en el rendimiento académico (González-Pienda et al., 1997).

La importancia de las ideas previas del alumnado y la confrontación conceptual

Diversas investigaciones señalan que los alumno/as no vienen al colegio con la mente vacía, sino que tienen unas concepciones o ideas previas formadas a través del entorno que les rodea. Algunas veces estas ideas previas se corresponden con los nuevos contenidos estudiados, pero a veces existen contradicciones o errores; que de una manera u otra intervienen en la manera en que los estudiantes aprenden estos contenidos científicos (Mahmud y Gutierrez, 2010). Por tanto es necesario que estas ideas previas se pongan de manifiesto para partir de ellas y llevar a una confrontación conceptual que demuestre o no estas ideas de manera justificada. Por tanto, el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno/a ya sabe (Ausubel, 2002).

Distintos estudios realizados demuestran que las ideas previas de los alumnos/as son difíciles de modificar, y más aún si no se utilizan métodos didácticos dirigidos a esto (Mahmud y Gutierrez, 2010).

Una de las características básicas del modelo piagetano, es que el aprendizaje se trata de una reorganización cognitiva que depende del nivel de desarrollo del individuo y en el que además deben aparecer conflictos cognitivos o

contradicciones cognitivas. Así, deben potenciarse las experiencias de aprendizaje basadas en la cooperación, la colaboración y el intercambio de opiniones para una búsqueda conjunta del conocimiento (aprendizaje interactivo) (Mahmud y Gutierrez, 2010).

III. Objetivos

Una vez visto el marco teórico de referencia y la crisis actual en la que se encuentran inmersas las ciencias y las propuestas que han ido planteando diferentes investigadores y pedagogos, el objetivo fundamental de este trabajo de investigación será el siguiente:

- Testar la utilidad de la actividad “Cultivo de lentejas” como base para el diseño de experimentos científicos en el aula de Educación Primaria

Como objetivos específicos tendremos los siguientes:

- Conocer la importancia de las ideas previas del alumnado para el desarrollo de experimentos científicos
- Evaluar el interés del alumnado en la realización de experimentos científicos.
- Valorar la mejora del aprendizaje a través del uso de una metodología de indagación

IV. Metodología

Participantes

El estudio se ha llevado a cabo en un centro bilingüe de educación infantil y primaria de una localidad de la provincia de Almería. El centro se encuentra en un barrio en el que por lo general el nivel socioeconómico es medio y por otro lado con un gran número de población inmigrante con un nivel socioeconómico bajo.

En la investigación han participado un total de 15 alumnos y alumnas de entre 9 y 10 años de un curso de cuarto de Educación Primaria los cuales pertenecen a un

grupo formado a través de la realización de grupos flexibles debido al desnivel educativo que presentan los alumnos/as. Nos encontramos así en el centro con dos grupos que siguen la enseñanza de las ciencias en inglés y de este grupo que las siguen en español debido a su bajo nivel curricular.

Intervención en el aula

El estudio se ha llevado a cabo en tres sesiones:

La primera sesión consistió en explicar a los alumnos/as la investigación que íbamos a realizar. Primeramente se explicó que íbamos a realizar una investigación para averiguar cuál es el proceso más óptimo para la germinación y crecimiento de las lentejas. Para iniciar la actividad y motivar al alumnado se explicó que esta investigación forma parte de un estudio que realiza actualmente la Universidad de Almería, a demanda de un grupo de empresarios agrícolas de la provincia de Almería. Una vez explicado el estudio a realizar, a través de un debate/lluvia de ideas, se fueron conociendo las ideas previas del alumnado sobre las necesidades del crecimiento de las plantas y planteando diferentes hipótesis por grupos. En este debate salieron como elementos necesarios para la germinación de la lenteja: agua, oxígeno, tierra y luz. En esta primera parte, la participación alumnado era más baja y el mayor peso de intervención estuvo a cargo de la tutora. Se diseñó un experimento por grupos para averiguar primeramente la cantidad de agua necesaria para la correcta germinación de las lentejas. Para facilitar el diseño del experimento, reflexionamos sobre los casos extremos: sin agua y con el vaso de plástico completamente lleno de agua. A partir de ejemplos de la vida real: las lentejas se almacenan en seco y no germinan o las plantas encharcadas mueren, los alumnos decidieron utilizar varios vasos de plástico en los que echaron cantidades distintas de agua y fueron anotando los pasos realizados y las cantidades utilizadas.

En la segunda sesión vimos el resultado del experimento realizado la semana anterior y se fueron debatiendo los resultados y estableciendo conclusiones. Una vez que llegamos a la conclusión de la cantidad óptima de agua necesaria, se

plantea si hay otro factor más que afecte a la germinación y crecimiento de las lentejas e inmediatamente se plantea como factor la luz. Los alumnos/as en este caso ya son capaces de diseñar el experimento entre todos/as para investigar la importancia de la luz.

En la última sesión, tras coger los vasos de la semana anterior, los alumnos/as, sin apenas intervención de la tutora, debaten los resultados obtenidos y llegan a conclusiones importantes.

En cada sesión podemos ver diferentes fases. La primera es la puesta en común del conocimiento previo del alumnado, la segunda es el planteamiento de hipótesis, posteriormente se hace un diseño del experimento a realizar y finalmente observación/análisis de los resultados y elaboración de conclusiones.

Diseño experimental con control de variables (DECV)

La metodología empleada en los experimentos del aula ha seguido un diseño experimental con control de variables (Martí, 2012). Este método de trabajo consiste en estudiar todas las posibles variables que pueden influir en la germinación de las lentejas, variando solo una de ellas en cada experimento y manteniendo constantes las demás. La variable dependiente siempre es el número de lentejas germinadas en cada vaso (máximo 5 lentejas). Para el primer experimento, la variable independiente (la que variamos) fue la cantidad de agua que se añadía a cada vaso y las variables "control" fueron todas aquellas que podrían influir en la germinación pero que fueron mantenidas constantes: luz (todos los vasos estaban juntos y por lo tanto recibían la misma cantidad de luz), algodón (todos los vasos utilizaron dos discos desmaquilladores de algodón de idénticas dimensiones y peso), los vasos de plástico eran todos iguales. De esta forma, si apreciamos algún vaso donde han germinado más lentejas que en otro, podemos estar seguros de que tal hecho solo puede ser debido a la cantidad de agua que añadimos y no a la intensidad de luz, temperatura, humedad, algodón o tipo de recipiente de siembra. Cada grupo fue echando una medida de agua distinta en cada vaso y registrándola en un cuaderno para posteriormente conocer la influencia del agua en la germinación de la semilla.

Para el segundo experimento, la variable independiente fue la intensidad de luz. La cantidad de agua óptima descubierta en el primer experimento, sería aquella que llevaría todos los vasos en esta ocasión. Cada grupo utilizó tres vasos diferentes: uno descubierto y que recibía toda la luz, otro tapado parcialmente con papel de aluminio y por último un vaso totalmente tapado con papel de aluminio y que no dejaba pasar nada de luz.

Durante todo el proceso, cada grupo fue registrando los distintos experimentos en unos cuadernos de registro que ellos mismos elaboraron.

Toma de datos

Aunque todas las sesiones con los alumnos fueron grabadas en formato audio, el método principal de toma de datos consistió en una ficha que rellenaba la profesora en cada sesión, mediante observación directa del alumnado. Se procuró que cada alumno fuera observado durante el mismo intervalo de tiempo (30s.) en tres ocasiones diferentes de la sesión. Esta ficha recogía el nombre de los alumnos y las variables categóricas que se describen a continuación:

Conocimiento previo del alumnado: medido como el número de ítems correctos que conoce el alumno sobre los factores que son necesarios para el crecimiento de las plantas.

- Interés en la actividad o grado de compromiso del alumno: medido en función del tiempo que presta el alumno al desarrollo de cada etapa del experimento. Se otorga un valor 3 cuando el alumno está totalmente centrado en la actividad (inmersión) y no muestra interés por cualquier otra distracción. El valor 2 de interés se otorgó a los alumnos que estaban distraídos la mitad del tiempo de observación y finalmente el valor 1 se otorgó a alumnos que no prestaban atención alguna a las sesiones.
- Participación del alumnado: porcentaje de tiempo que un alumno participa activamente en la actividad, ya sea preguntando a la profesora o compañeros, aportando hipótesis, explicando resultados o defendiendo conclusiones.

- Intervención de la profesora: porcentaje de tiempo utilizado por la profesora para guiar la propuesta de hipótesis, explicación de resultados o defensa de conclusiones.
- Rendimiento académico: porcentaje medio de aciertos de cada alumno proponiendo hipótesis+ conclusiones.

Análisis de datos

Este estudio se ha llevado a través de una metodología cualitativa basada en variables categóricas, si bien los promedios obtenidos a partir de las diferentes etapas de cada experimento son variables cuantitativas. Utilizamos el paquete estadístico IBM SPSS versión 21 para analizar la normalidad de las variables (Prueba KS), determinar diferencias significativas entre medias y estimar relaciones múltiples entre variables utilizando análisis de regresión lineal.

V. Resultados/discusión

Conocimiento previo de los alumnos sobre las necesidades de las plantas

Ausubel (1968) caracterizaba el método constructivista por descubrimiento guiado, como aquel en el que los alumnos construyen sus aprendizajes a partir de sus experiencias, que son guiadas y orientadas por un profesor. La metodología indagatoria busca aprendizajes significativos a partir del conocimiento previo de los alumnos (Meneses y Caballero, 2017). Esos conocimientos previos son el punto de partida para nuevos aprendizajes y se consideran el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje (Ausubel, 2003).

La primera actividad con los alumnos consistió en una puesta en común del conocimiento que tenían sobre los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas. Cuatro elementos vitales fueron aportados por los alumnos (Figura 1)

aunque su frecuencia fue dispar. Más de la mitad de esta pequeña muestra de alumnos sabía que las plantas necesitan luz y agua para crecer, aunque la proporción de alumnos con este conocimiento no supera el 60%. Por otro lado, menos de un 30% de los alumnos sabía que las plantas necesitaban tierra y oxígeno para vivir y solo uno citó los cuatro elementos que muestra la Figura 1. Ninguno de los alumnos fue capaz de relacionar la tierra con las sales minerales o nutrientes y, asimismo, ninguno recordó que el CO₂ es un nutriente esencial para las plantas.

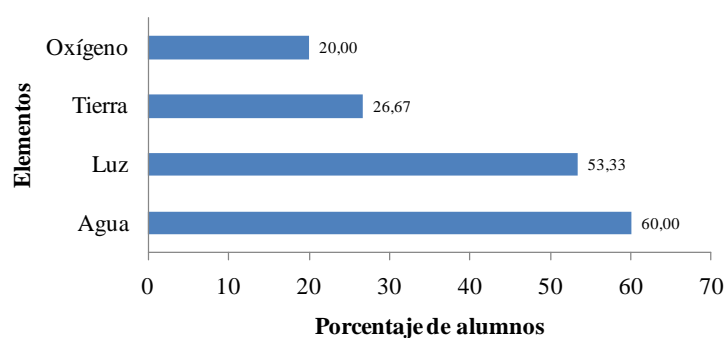


Figura 1. Elementos vitales para el crecimiento de las plantas según los alumnos participantes en los experimentos.

Desde un punto de vista ecosistémico, las plantas constituyen la base de cualquier red trófica (Cepeda et al. 2015) y producen el oxígeno necesario para que el resto de seres vivos puedan desarrollar sus funciones. No obstante, las plantas consumen CO₂ de la atmósfera y lo utilizan para sintetizar azúcares (su alimento). En el actual escenario de cambio climático, esta última función resulta de especial interés, pues contribuye a la mitigación de los efectos del calentamiento global del planeta, que tiene su origen en la emisión excesiva de CO₂ a la atmósfera (IPCC, 2007). Desgraciadamente, el conocimiento de los alumnos puede ser un reflejo del conocimiento de los maestros y maestras que imparten clases en Educación Primaria. Astudillo y Gené (1984) obtuvieron resultados similares cuando realizaron encuestas a sus alumnos de magisterio a principios de la década de 1980. Recientemente, un estudio aún no publicado (López-Carriqué), vuelve a reflejar resultados similares en alumnos del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Almería.

El elevado fracaso del aprendizaje significativo del alumnado en las ciencias es una realidad que cuestiona directamente el desempeño del profesorado. Las causas de este fracaso son múltiples y es complicado abordarlas todas a la vez. Parte de la responsabilidad está en el alumnado, parte en el profesorado y parte en el contexto escolar y la sociedad. Por ello, los docentes deben tener una visión crítica y reflexiva sobre su propio trabajo para emprender cualquier nueva acción pedagógica necesaria (Picquart et. al 2010).

Cómo hemos comentado anteriormente, según Mahmud y Gutierrez (2010), los alumnos/as no vienen con la mente vacía, sino que poseen unos conocimientos previos los cuales debemos tener en cuenta y utilizar estrategias pedagógicas que lleven a una confrontación conceptual y finalmente adquieran un aprendizaje significativo y real.

Surge la necesidad de tratar contenidos actuales y relacionados con el entorno cercano del alumnado que además ayude a crear conciencia de la necesidad del cuidado del medioambiente para evitar el cambio climático y el daño que está ocasionando a los seres vivos. Se busca con esto conseguir una “alfabetización en ciencias de la Tierra” para proteger y cuidar el medio ambiente ante la urgente necesidad y ante el abandono del alumnado del estudio de esta rama de las ciencias (Pedrinaci, 2012).

Interés del alumnado por la experimentación

Planteamos la hipótesis de que el interés de los alumnos debería crecer conforme avanzan las etapas del experimento porque la necesidad de explicar los resultados debería motivar la participación del alumnado, especialmente cuando el objetivo del experimento (cultivo agrícola) es un tema próximo a los estudiantes y porque además ese experimento tiene un claro sentido práctico y útil como recomiendan diversos autores (p.e. Wigfield y Eccles, 2000; Chernicoff y Echeverría, 2012).

En el caso del primer experimento, donde se trataba de obtener la mínima cantidad de agua para que germinaran todas las lentejas, la prueba de Kruskal-Wallis para 5 muestras independientes (interés en fase de puesta en común (APIT), interés en la propuesta de hipótesis (HIT), diseño del experimento (DIT),

interés en la explicación de resultados (RIT) e interés en la aportación de conclusiones (COIT)) confirmó nuestra hipótesis con un valor de Chi-cuadrado=13,273 y una $p=0.01$. En el caso del segundo experimento, donde se trataba de identificar la iluminación óptima para el cultivo de lentejas, los resultados fueron similares (Chi-cuadrado=20,276; $p=0,001$), confirmando nuestra hipótesis una vez más. La Figura 2 muestra el incremento de los valores medios de interés de los alumnos conforme avanza el experimento. La primera fase (APIT) consiste en la puesta en común de conocimientos previos sobre las necesidades de las plantas para crecer, mientras que la última fase (COIT) valora el interés de los alumnos por aportar conclusiones.

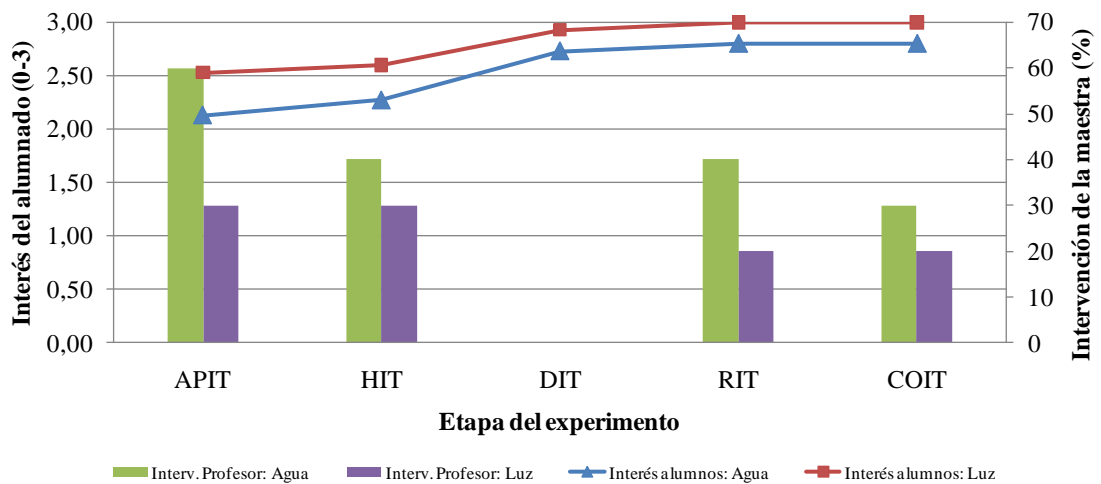


Figura 2. Evolución del interés de los alumnos e intervención de la maestra en función de la etapa del experimento. **APIT:** interés en fase de puesta en común, **HIT:** interés en la propuesta de hipótesis, **DIT:** diseño del experimento, **RIT:** interés en la explicación de resultados, **COIT:** interés en la aportación de conclusiones. La intervención de la maestra expresa porcentaje de tiempo en relación a la duración de la clase.

El interés de los alumnos es mayor en el segundo experimento. Sin embargo, la evolución de ese interés experimenta una tendencia similar. Sobre un valor máximo de 3, los alumnos mostraron bastante interés en las etapas de puesta en común de conocimiento previos (Interés >2), llegando a un punto de inflexión que coincide con la etapa de diseño del experimento. El interés se satura en las etapas de discusión de resultados y emisión de las conclusiones finales. El punto de

inflexión DIT es el único que muestra una diferencia significativa de medias en ambos experimentos ($U_{\text{agua}}=71$, $p=0,05$; $U_{\text{luz}}=75$, $p=0,03$) entre las etapas anterior y posterior. Es decir, el interés mostrado durante las dos primeras etapas es similar estadísticamente. El incremento de interés que surge durante el diseño del experimento (DIT) es significativo con respecto a la etapa anterior (HIT) y los valores de interés que se alcanzan en las etapas posteriores (RIT y COIT) vuelven a ser similares entre ellos.

A pesar de que el tamaño de muestra ($N=15$) es claramente insuficiente, otro hecho destacable es la evolución de la participación de la maestra durante las sesiones experimentales. Si en un principio, la explicación de la profesora ocupa aproximadamente el 60% del tiempo empleado en la puesta en común de conocimientos previos, ese porcentaje se va reduciendo progresivamente hasta que los alumnos llegan a ocupar el 70% del tiempo de la clase redactando y ofreciendo sus conclusiones. Durante el segundo experimento, los alumnos se sintieron más cómodos dado que la dinámica de la actividad era la misma. Desde un principio, la intervención de la profesora es menor que en el primer experimento y conforme avanzaba el experimento fueron los alumnos los que tomaron la iniciativa ocupando el 80% de las intervenciones de clase.

Experimento agua	APIT	HIT	DIT	RIT	COIT
Media	2,13	2,27	2,73	2,8	2,8
Desviación std.	0,83	0,7	0,46	0,41	0,39
Experimento luz					
Media	2,53	2,6	2,93	3	3
Desviación std.	0,52	0,51	0,46	0	0
U de Mann-Whitney	83,5	84	90	90	90
W de Wilcoxon	203,5	204	210	210	210
Z	-1,318	-1,326	-1,445	-1,795	-1,796
Sig. asintót. (bilateral)	0,188	0,185	0,148	0,073	0,072
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,233 ^b	,250 ^b	0,367 ^b	,367 ^b	,366 ^b

Tabla 1. Análisis de diferencia de medias para la variable "Interés de los alumnos" entre el experimento 1 (Agua) y el experimento 2 (Luz). Estadísticos de contraste^a. APIT: interés en fase de puesta en común, HIT: interés en la propuesta de hipótesis, DIT: diseño del experimento, RIT: interés en la explicación de resultados, COIT: interés en la aportación de conclusiones.

La Tabla 1 muestra que el interés observado en los alumnos aumenta levemente si comparamos los experimentos (Agua y Luz), y los hace en todas sus etapas (APIT, HIT, DIT, RIT y COIT). Es más, la desviación estándar se reduce en todos los casos, lo que indica que el incremento observado afecta a la mayoría de la clase y no solo a un grupo concreto de alumnos. Sin embargo, el test de la U de Mann-Whitney (las variables de interés no siguen una distribución normal) indica que no hay diferencia significativa entre el interés mostrado por los alumnos durante el primer experimento y segundo experimento.

No obstante, el valor de la significación asintótica bilateral es pequeño y próximo al valor umbral máximo $p=0,050$ para aceptar la diferencia significativa de medias entre experimentos, especialmente en las etapas de Resultados (RIT) y Conclusiones (COIT), lo que abre la posibilidad de que mejorando la puesta en escena y ejecución de los experimentos, podría aumentar el interés de los alumnos por este tipo de actividades.

Participación y rendimiento de los alumnos

Además de crear actitudes cívicas, críticas y solidarias (Jurado, 2007), muchos autores (p.e. González, 2010) muestran que la participación activa de los alumnos dentro de las actividades escolares es un factor determinante que favorece la mejora de su aprendizaje. Es más, la OCDE (OECD, 2001) asume la participación de los estudiantes en actividades escolares está relacionada con su éxito académico en la escuela y su predisposición a estudiar ciencias pensando en un futuro laboral. La participación en clase está relacionada también con el desarrollo de habilidades como la iniciativa y autonomía personal y la expresión oral (Nuñez, 1998.).

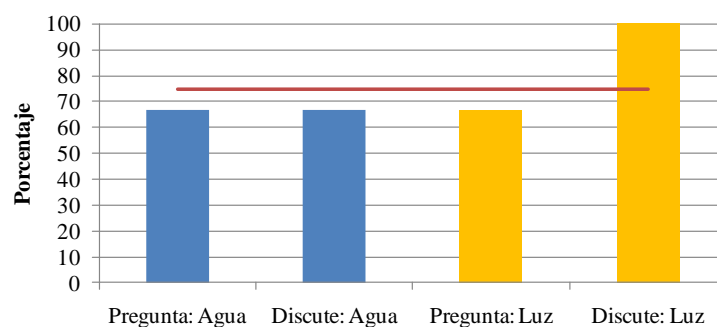


Figura 3. Participación de los alumnos (porcentaje) que realizan preguntas a otros compañeros (Pregunta) y contribuyen a la discusión de los resultados (Discute) en los experimentos relacionados con la determinación de la cantidad óptima de agua (Agua) y la intensidad de luz (Luz) que necesita un cultivo de lentejas. La línea roja representa la participación media de los alumnos.

La Figura 3 muestra que, en general, la participación de los alumnos en clase fue alta, con valores medios que siempre superan el 50%. No obstante, estos valores medios se deben principalmente a que la mayor parte de los alumnos aportan hipótesis y conclusiones, siendo muy pocos los que contrastan ideas con compañeros, preguntándoles por su parecer. La etapa de discusión de la intensidad de luz óptima consiguió que todos los alumnos aportaran sus explicaciones a los resultados y/o nuevas hipótesis.

En general, los experimentos realizados han demostrado ser capaces de motivar a los alumnos y, atraer su atención. La pregunta siguiente es. Pero, ¿han aprendido algo los alumnos sobre el proceso de germinación de las plantas?. La Figura 4 muestra que, a pesar del interés generado por ambos experimentos, no todos aciertan ofreciendo las conclusiones correctas, aunque los porcentajes de aciertos (Figura 4 c y d) son importantes. El proceso de discusión generó además efectos positivos como el incremento de la participación de los alumnos en las actividades educativas. Al principio del primer experimento, un 20% de los alumnos no ofreció hipótesis alguna sobre la necesidad de agua de las plantas (Figura 4a). Sin embargo, a partir de ese momento, la participación de alumnos aportando hipótesis o conclusiones abarca a toda la clase, si bien el porcentaje de aciertos no llegó a superar el 80%. Aunque se esperaba que los aciertos en la etapa de conclusiones del experimento con la intensidad luminosa fuera de casi el 100%, considerando el interés despertado en los alumnos, algo menos de un 70 comprendieron los resultados obtenidos (Figura 4d). Parte del alumnado fue sorprendido por el hecho de que las plantas pudieran crecer en oscuridad, cuando su conocimiento previo de la fotosíntesis les indicaba que necesitarían luz para realizar sus funciones vitales. En este punto es vital la intervención de la profesora, que debe ayudar a los alumnos a relacionar las pruebas obtenidas con la explicación correcta del proceso de germinación.

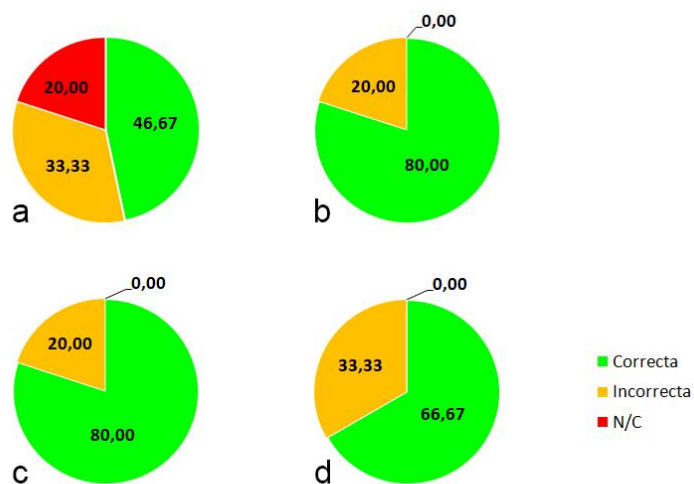


Figura 4. Rendimiento del experimento en forma de porcentaje de acierto de los alumnos cuando emiten sus hipótesis y conclusiones finales sobre los resultados de ambos experimentos: Propuesta de hipótesis experimento agua (a), propuesta de hipótesis experimento Luz (b), propuesta de conclusiones experimento agua (c) y propuesta de conclusiones experimento Luz (d).

Factores que contribuyen al incremento del rendimiento escolar

Aunque el tamaño de la muestra de alumnos es muy pequeña ($N=15$) como ha sido advertido anteriormente, nos atrevimos a explorar las posibles relaciones entre las variables analizadas en este experimento en el intento de explicar los resultados obtenidos.

El test de kolmogorov-Smirnov reveló que las variables estudiadas siguen una distribución normal. La Tabla 2 muestra los coeficientes de correlación Spearman que relacionan algunas de estas variables.

Tabla 2. Correlaciones bivariadas entre las variables utilizadas para evaluar la mejora del aprendizaje de los alumnos participantes en este experimento: Conocimiento previo (CP), interés (IT), participación en clase (PC) y rendimiento escolar (RE).

	CP	IT	PC	RE
CP	Correlación de Pearson	1	,660 ^{**}	,550 [*]
	Sig. (bilateral)		,007	,033
IT	Correlación de Pearson	,660 ^{**}	1	,526 [*]
	Sig. (bilateral)	,007		,044
PC	Correlación de Pearson	,550 [*]	,526 [*]	1
	Sig. (bilateral)	,033	,044	
RE	Correlación de Pearson	,594 [*]	,120	,063
	Sig. (bilateral)	,020	,669	,823

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

El rendimiento escolar de los alumnos, entendido como el acierto en el planteamiento de hipótesis y conclusiones en los dos experimentos, solo parece estar relacionado con los conocimientos previos de los alumnos sobre el tema tratado, lo cual se corresponde con los resultados obtenidos por otros autores (Osborne y Freyberg, 1998; Rabadán y Martínez, 1999). A su vez, el conocimiento previo también muestra relación directa con el interés mostrado por los alumnos y su participación en clase. Estos resultados convierten a CP en un factor fundamental del que depende en gran medida el éxito de las actividades escolares de experimentación, aunque posiblemente, el conocimiento previo de un tema podría ser la clave del éxito de otros tipos de actividades de indagación.

La Figura 5 muestra las rectas de regresión lineal que relacionan las variables anteriores. A pesar de que el coeficiente de correlación es significativo estadísticamente, la varianza explicada por la relación Conocimiento previo- rendimiento escolar solo explica un 35,27% de la varianza observada, lo que indica que otros factores, no analizados en este estudio, podrían estar influyendo en el éxito escolar de los alumnos. Si para un tamaño de muestra tan pequeño, la varianza explicada es relativamente alta, la mayor relación significativa fue observada entre conocimiento previo e interés del alumnado por la actividad, que explica un 43,61% de esa relación. Aunque la regresión lineal no permite establecer relaciones de causa-consecuencia, una hipótesis soportada por estos resultados podría ser la esquematizada en la Figura 6. Esta hipótesis a comprobar en futuros estudios, establecería que el conocimiento previo de un tema cualquiera permite que los alumnos muestren un alto interés por ese tema, facilita la

comprensión y discusión de resultados, lo que finalmente redonda en el éxito escolar.

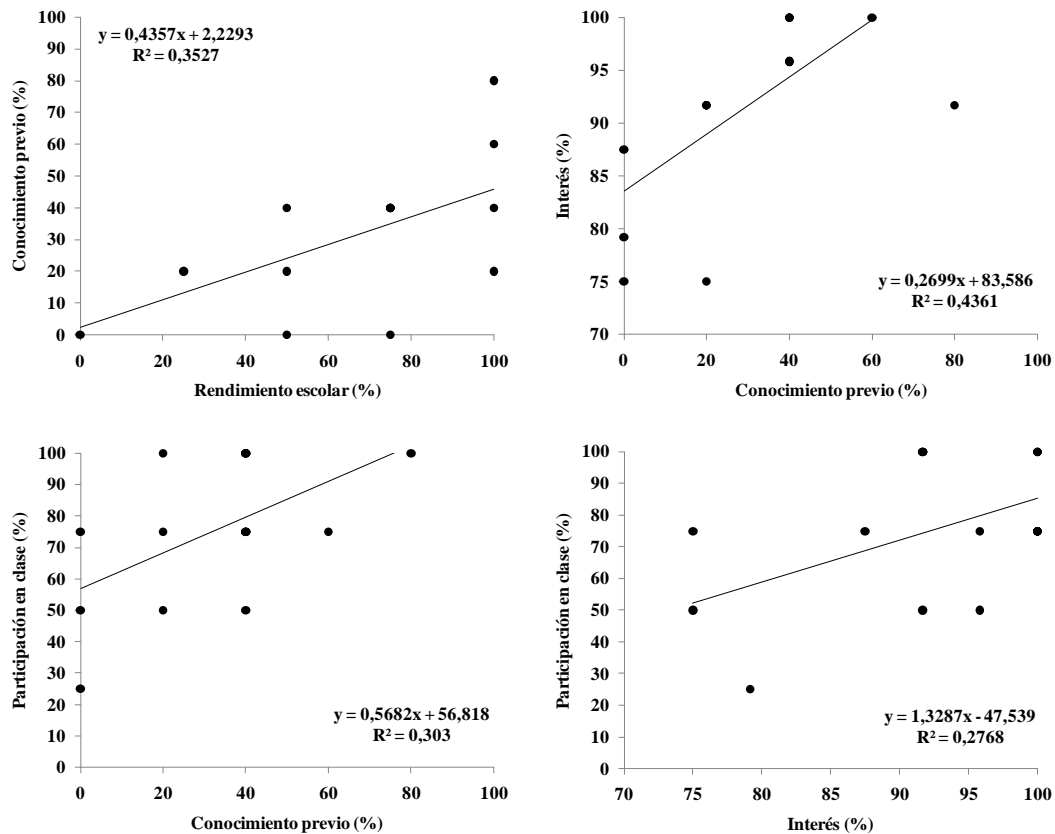


Figura 5. Regresiones lineales entre las variables consideradas en este estudio que muestran coeficientes significativos de correlación bivariada.

Las relaciones encontradas entre las variables de estudio coinciden plenamente con los datos obtenidos mediante la observación de alumnos. Los alumnos que obtuvieron peores resultados son aquellos con escasos o nulos conocimientos previos. Aún mostrando un gran interés por la actividad, mostraban grandes dificultades para comentar o discutir resultados y por ello decidían mantenerse en silencio, mientras que otros compañeros con mayor formación aportaban fundamentos y se ponían de acuerdo en las conclusiones finales. Estos alumnos con dificultades finalmente desconectan del ritmo del experimento, aportando hipótesis o conclusiones erróneas.

La fusión de todas las relaciones entre variables en una única expresión de regresión lineal múltiple, sigue la ecuación:

$$\text{Rendimiento escolar} = 0,759 (\text{Conocimiento previo}) + 0,466 (\text{Interés})$$

Esta regresión muestra un $R=0,94$ y explica un 88,4% de las relaciones encontradas. Asimismo considera que el principal factor determinante del rendimiento escolar sería el conocimiento previo de la materia (Beta =0,580, $p=0,008$) y que un segundo factor sería el interés del alumnado (Beta =0,394, $p=0,050$). La participación del alumnado en clase fue descartada por la regresión múltiple, posiblemente por una saturación en la explicación de la varianza con dos factores, siguiendo el principio de parsimonia habitual en los paquetes informáticos. No obstante, a la vista de la Tabla 2 y la Figura 5 debe tenerse en cuenta la participación en clase como un tercer factor favorecedor del éxito académico.

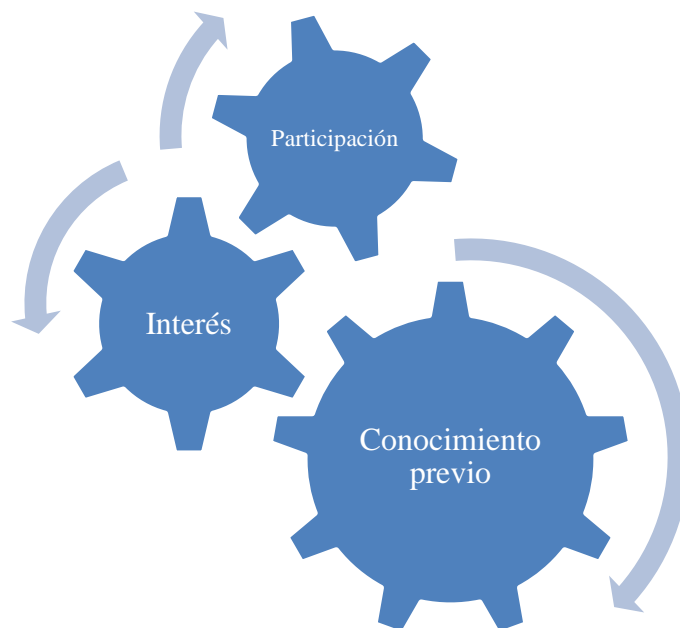


Figura 6. Representación esquemática de los factores que contribuyen a incrementar el rendimiento escolar de los alumnos, según los resultados obtenidos en este estudio.

VII. Conclusiones

1. Los resultados obtenidos en este estudio deben tomarse con cautela debido a que el tamaño de muestra (N=15) es insuficiente para aportar pruebas concluyentes. No obstante, estos resultados pueden servir como referencia de futuras experiencias.
2. Las experiencias realizadas en este trabajo han mejorado el aprendizaje de los alumnos participantes, aumentando su motivación, participación en clase y capacidad para diseñar experimentos sencillos, aportando explicaciones razonables a los resultados obtenidos.
3. De acuerdo con otros autores, el conocimiento previo de la temática a tratar en una actividad de indagación puede ser un buen predictor del éxito final de la actividad de indagación.
4. La conclusión anterior lleva a plantear la necesidad de invertir el tiempo necesario en la explicación de conceptos y procesos relacionados con las actividades de indagación programadas, de forma que los alumnos cuenten con el conocimiento previo necesario abordar dichas actividades.
5. Se pone de manifiesto en este experimento la necesidad de una formación adecuada del profesorado en el contenido a trabajar y una preparación para la puesta en práctica del trabajo por indagación como una forma de guiar al alumnado para llegar a la construcción significativa de contenido.
6. Como aspecto negativo hay que destacar que el tiempo de las sesiones de clase de ciencias es insuficiente para llevar a cabo los experimentos y se necesita material y recursos que son inexistentes o difíciles de conseguir en los centros.

VIII. Referencias bibliográficas

- Astudillo, H., y Gené, A. (1984). Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 15-16.
- Alexander, J.M., Johnson, K.E., y Kelley, K. (2012). Longitudinal analysis of the relations between opportunities to learn about science and the development of interests related to science. *Science Education*, 96(5), 763–786.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona, España: Paidós.
- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. *European Psychologist*, 1(2), 100-112
- Castillo, M. (2011). La socioafectividad en la educación desde la complejidad. *Educación Humanismo*, 13(21), 129-146. Recuperado de <http://portal.unisimonbolivar.edu.co:82/rdigital/educacion/index.php/educación>
- Cepeda, W., Martínez, M. A, y Rangel, M. N. (2015). Comprensión del concepto de red trófica y su diferencia con cadena trófica mediante trabajos prácticos y preguntas conflicto para tres ecosistemas colombianos. *Biografía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*. Edición extraordinaria, 1712-1720.
- Chernicoff, I., Echeverría, E. (2012). ¿Por qué enseñar ciencia a través de la indagación?. Un caso en la Univ. Autón. de la Ciudad de México. *Educación Química*, 23(4), 432-450.
- Comisión Europea (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruselas: Comisión Europea. Recuperado de: http://ec.europa.eu/research/sciencesociety/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

- Cortés, A. L., Gándara, M. de la, Calvo, J. M., Martínez, M. B., Ibarra, M., Arlegui, J., y Gil, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 155-176.
- Czerniak, C., Chialerott, L. (1999). Teacher Education for Effective Science Instruction-A social cognitive perspective. *Journal of Teacher Education*, 41(1) 49-58.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston: MAD.C. Heath
- Forbes, C. (2009). *Preservice elementary teachers' development of pedagogical design capacity for inquiry –an activity-theoretical perspective*. PhD Thesis, University of Michigan
- García, T. y Pintich, P.R. (1994). Regulating motivation and cognition in the classroom: The role of self-schemas and self-regulatory strategies. En D.H. Schunk y B.J. Zimmerman (Eds.). *Self-regulation of learning and performance. Issues and educational applications*. Hillsdale, NJ.: LEA.
- Gil Flores, J. (2014). Metodologías didácticas empleadas en las clases de ciencias y su contribución a la explicación del rendimiento. *Revista de educación*, 366, 190-214.
- Gómez, T., Rubio, J. (2017). Complejidad-educación: un aporte para las generaciones futuras. *Revista Educación y Humanismo*, 19(33), 409-424. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.17081/eduhum.19.33.2653>
- González-Pienda, J.A., Núñez, J.C., González Pumariega, S. y García, M. (1997). Autoconcepto, autoestima y aprendizaje escolar. *Psicothema*, 9(2), 271-289.

- González, M.T. (2010). El alumno ante la escuela y su propio aprendizaje. *Revista iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 8(4), 15-19.
- Greca, I., (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista electrónica de enseñanzas de las ciencias*, 16(2), 231-256.
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: aspectos de la política y la práctica*. Italia: Global Network Academies (IAP) Science Educational Programme
- IAP (2012) Taking Inquiry-Based Science Education into Secondary Education. Report of a global conference. <http://www.sazu.si/files/file-147.pdf>
- Jenkins, E. and Pell (2006). *The Relevance of Science Education Project (ROSE) in England: a summary of findings*. (Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds).
- Jurado, C. (2007). La participación educativa del alumnado. *Innovación y experiencias educativas. Revista digital*, 23, 1-10.
- Juwah, Ch. (2006). *Interactions in Online Education. Implications for Theory & Practice*. Routledge, London, New York.
- Kaptan, K., Timurlenk, O. (2012). Challenges for Science Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 51, 753-761
- Maltese, A., Tai, R. (2011). Pipeline Persistence: Examining the Association of Educational Experiences with earned degrees in STEM Among U.S. students. *Science Education Policy*, 878-907.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., y Stanco, G. M. (2012). *TIMSS & PIRLS International Study Center*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Martí, J. (2012). *Aprender ciencias en Educación Primaria*. Barcelona, España: Graó

- Maturana, H., Varela, F. (1995). *El árbol del conocimiento*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Meneses, J.A., Caballero, C. (2017). La metodología indagatoria en educación primaria. Una mirada desde la perspectiva del aprendizaje significativo. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario (X Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Sevilla, 5-8 septiembre), 981-987.
- Mesa, J., Pringle, R. M. (2014). Surfacing student's prior knowledge in middle school science classrooms. Exception or the rule? *Middle Grades Research Journal*, 9(3), 61-72.
- Miller, R.B., Behrens, J.T. y Greene, B.A. (1993). Goals and perceived ability: Impact on student valuing, self-regulation and persistence. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 2-14.
- Minner, D. D., Levy, A. J. y Century, J. (2010). Inquiry-Based Science. Instruction. What Is it and Does it Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4) 474-496.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). The National Science Education Standards, Washington DC: National Academies Press.
- Núñez, J.C. y González-Pumariega, S. (1996). *Procesos motivacionales y aprendizaje*. En J.A. González-Pienda, J. Escoriza, R. González y A. Barca (Eds)., *Psicología de la instrucción*. Vol.2: Componentes cognitivos y afectivos del aprendizaje escolar. Barcelona: EUB.
- Núñez, J. C., González-Pienda, J.A., García, M., et al. (1998). Estrategias de aprendizaje, autoconcepto y rendimiento académico. *Psicothema*, 10(1), 97-109.

- Osborne, R., Freyberg, P. (1998). *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de las "ideas previas" de los alumnos*. Madrid, España: Narcea Ediciones
- Pedrinaci, E. (2012). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2), 133-140.
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Buenos Aires, Argentina: Paidós
- Picquart, M., Guzman, O., y Sosa, R. (2010). Razonamiento científico e ideas previas en alumnos de ciencias básicas de la UAM-Iztapalapa. *Latin American Journal of Physics Education*, 4(1) 1056-1064
- Rabadán, J.M., Martínez, P. (1999). Las actitudes en la enseñanza de las ciencias: aproximación a una propuesta organizativa y didáctica. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 22, 67-75.
- Real Decreto 126/2014 de 28 de febrero por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.
- Roberts, G. (2002). *SET for success: the supply of people with science, technology, engineering and mathematical skills*. London, EE.UU: HMSO.
- Schroeder, C., Scott, T., Tolson, H., Huang, T. y Lee, Y. (2007). A Meta-Analysis of National Research: Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(10), 1436-1460.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Eureka*, 5(3), 274-292.
- Weiss, I. (1987). 1985-86 National Survey of Science and Mathematics Education. Research Triangle Park, NC: Center for Educational Research and Evaluation, Research Triangle Institute.

- Wigfield, A., Eccles, J.S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81.
- Yager, R. E., y Yager, S. O. (1985). Changes in perceptions of science for third, seventh and eleventh grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(4), 347-358.
- Yager, R. E. y Penick, J. E. (1986). Perception of Four Age Groups toward Science Classes, Teachers, and the Value of Science. *Science and Education*, 70, 355-363