

Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria

Anna Solé-Llussà ^{1,a}, David Aguilar Camaño ^{1,b}, Manel Ibáñez Plana ^{2,c}, Jordi L. Coiduras Rodríguez ^{3,d}

¹Departament de Didàctiques Específiques. Universitat de Lleida, Lleida, España.

²Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida, Lleida, España.

³Departament de Pedagogia i Psicologia. Universitat de Lleida, Lleida, España.

^a anna.sole@didesp.udl.cat, ^b daguilar@didesp.udl.cat, ^c m.ibanez@macs.udl.cat,

^d coiduras@pip.udl.cat

[Recibido: 3 abril 2017. Revisado: 16 mayo 2017. Aceptado: 11 julio 2017]

Resumen: La indagación científica es una de las estrategias que mejores resultados ha aportado a la enseñanza de las ciencias experimentales. En vista de la necesidad de impulsar este tipo de metodologías, en los últimos años, se han llevado a cabo diferentes iniciativas y propuestas para fomentar y divulgar esta estrategia, destacando entre ellas los congresos escolares de ciencias. En este artículo, se seleccionan 168 comunicaciones presentadas por alumnado de educación infantil y primaria para analizar la secuencia, proceso y metodología en experiencias científicas escolares. El análisis se focaliza en los trabajos evaluados como indagadores, que representan un 40% de los seleccionados. Para ello, se ha diseñado una herramienta de análisis de los procesos y habilidades que emergen en las comunicaciones de las investigaciones. Los resultados indican que, en general, las indagaciones presentadas muestran una estructura coherente con este tipo de metodología. En particular, se observa como el alumnado incide principalmente en aquellas etapas o aspectos más descriptivos de su indagación (por ejemplo, la planificación de su investigación) y muestra mayores dificultades para presentar las ideas o explicaciones derivadas de su indagación. A la vez, queda patente la funcionalidad de los congresos escolares como estrategia para el intercambio de experiencias relacionadas con el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias entre alumnado y docentes.

Palabras clave: indagación científica; congresos escolares de ciencias; comunicación; educación infantil y primaria

Communication analysis of inquiry experiences presented in science conferences aimed to Preschool and Primary Education students

Abstract: Scientific inquiry is one of the strategies that has provided some of the best results to the experimental science learning. In order to propel this kind of methodologies, in recent years, different initiatives and proposals have been performed to promote and spread this strategy. Among these proposals, the science school conferences stand out. In this manuscript, we select 168 communications presented by preschool and primary education students in order to analyze the sequence, process and methodology used in school scientific experiences. The analysis focuses on the presentations considered inquiry-based, which represent the 40% of those selected. Therefore, an analysis tool has been designed to study the processes and skills that emerge in the communicated investigations. The results show that, in general, the presented investigations have a coherent structure with this kind of methodologies. In particular, it is observed that students mainly point out the stages or aspects that are considered more descriptive (such as, the planning of their investigation) and show more difficulties to present the ideas or explanations derived from their work. At the same time, it is illustrated the school conferences functionality as a tool to exchange experiences related to the learning and teaching of science between students and teachers.

Keywords: scientific inquiry, science school conferences; communication; preschool and primary education

Para citar este artículo: Solé-Llussà, A., Aguilar Camaño D., Ibáñez Plana M., Coiduras Rodríguez, J. L. (2018) Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencia dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1302. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1302

Introducción

En los últimos años las políticas educativas a nivel europeo, estatal y autonómico se han orientado en todos los niveles y contextos educativos hacia una enseñanza más activa y participativa. En el caso de la didáctica de las ciencias experimentales, el cambio en el modelo ha supuesto la introducción de actividades indagadoras en los currículos de educación infantil y primaria (Biggs 2003; National Research Council 1996, 2000, 2012). De hecho, a día de hoy, existe un amplio consenso en el campo de la didáctica de las ciencias en relación a la indagación, considerándola una de las estrategias que mejores resultados han aportado a su enseñanza (Demir y Abell 2010; Pedaste *et al.* 2015).

El informe de la Science Education for Responsible Citizenship (Hazelkorn *et al.* 2015) define la indagación como una metodología de enseñanza que consiste en:

«un proceso complejo para dar sentido y construir modelos conceptuales coherentes donde los estudiantes formulen preguntas, investiguen para encontrar respuestas, construyan nuevas comprensiones, significados y conocimientos, comuniquen su aprendizaje a los otros y lo apliquen de forma productiva en situaciones desconocidas» (p. 68).

De manera más específica, Pedaste *et al.* (2015) plantea que dicha metodología puede estructurarse en cinco etapas diferentes: i) *Engage* (promover la curiosidad y conectar con experiencias de aprendizaje pasadas y presentes); ii) *Explore* (búsqueda de evidencias, generación de nuevas ideas, diseño y realización de una investigación preliminar); iii) *Explain* (uso de las evidencias encontradas para explicar un fenómeno científico); iv) *Elaborate* (conexión con modelos y explicaciones científicas para tener una visión más amplia de conocimiento); y v) *Evaluate* (validación de su conocimiento y habilidades científicas adquiridas).

En general, la indagación es una estrategia que permite al alumnado aprender ciencia mediante la realización de investigaciones escolares que promueve su participación, interés y motivación hacia la ciencia. El aprendizaje de las ciencias mediante la indagación requiere la movilización de numerosos contenidos científicos, a la vez que contribuye al desarrollo de un conjunto de competencias o habilidades del alumnado (Abd-El-Khalick *et al.* 2004, Demir y Abell 2010; Ferrés, Marbà y Sanmartí 2015; Romero-Ariza 2017). De hecho, en el territorio español, y aunque no existe una amplia bibliografía sobre la aplicación de esta metodología en el aula de educación infantil y primaria, recientes trabajos publicados reportan los buenos resultados de la misma. Por ejemplo, De la Blanca, Hidalgo y Burgos (2013) describen una investigación científica a partir del trabajo con semillas de flores en la etapa de educación infantil, considerando que la metodología indagadora promueve la observación, el contraste de las ideas y la comunicación del aprendizaje. Asimismo, el estudio de Fernández y Greca (2014) presenta los resultados de una indagación sobre fuerzas en educación primaria donde se observa que esta estrategia contribuye a fomentar la interacción entre el alumnado, mejorar el uso del lenguaje científico y sentar las bases científicas, en comparación con las metodologías tradicionales.

Sin embargo, todavía son evidentes ciertas dificultades durante la implementación de la indagación en las aulas. Por un lado, el alumnado puede mostrar obstáculos identificando problemas investigables, formulando hipótesis o identificando las variables que afectan a su investigación (Ferrés *et al.* 2015). Y, por otro, el profesorado también manifiesta ciertas limitaciones debido a la falta de conocimientos científicos y de formación sobre dicho método, inseguridad para una implementación eficaz o presión para ajustarse al currículo debido a estrictas políticas educativas (Abd-el-Khalick *et al.* 2004; Cañal, Criado, García-

Carmona y Muñoz 2013; Kang, Orgill y Crippen 2008; Seung, Park y Jung 2014; Toma, Greca y Meneses-Villagrà 2017).

Por tanto, parece necesario seguir aportando espacios, modelos y guías que ayuden tanto al profesorado como al alumnado a desarrollar indagaciones científicas en el ámbito escolar. Por ejemplo, y con el propósito de impulsar este tipo de metodología, en los últimos años se han llevado a cabo diversas iniciativas para fomentar la comunicación y divulgación de las ciencias desarrolladas en educación infantil y primaria. Entre estas propuestas, focalizamos nuestra atención en los congresos o reuniones de ciencia escolar donde los estudiantes presentan las actividades científicas realizadas en sus aulas. Estas reuniones han permitido establecer un nuevo escenario educativo inter-escolar que ayuda a potenciar el aprendizaje de las ciencias a la vez que aportan un entorno que motiva y gratifica tanto al alumnado como al profesorado.

En particular, los congresos de ciencia fomentan especialmente el desarrollo de la comunicación, una habilidad fundamental en cualquier trabajo científico (Martí y Amat 2017). De hecho, las presentaciones realizadas por los estudiantes merecen una importante atención ya que ofrecen una oportunidad para observar las ideas, habilidades y aprendizajes adquiridos a lo largo de las actividades científicas trabajadas. En este sentido, la novedad del presente trabajo reside en analizar tales presentaciones para explorar cómo se trabajan las ciencias en el aula y, en concreto, la indagación. De este estudio pueden surgir ayudas y guías que permitan desarrollar investigaciones mejor estructuradas y coherentes en el contexto escolar, a la vez que destacamos la importancia de estas innovadoras reuniones científicas. Desde esta perspectiva, los objetivos de investigación son:

- Identificar y analizar las temáticas y los modelos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, que se han llevado a cabo en aulas de educación infantil y primaria a través del estudio de las presentaciones realizadas en congresos de ciencia escolar.
- Estudiar con detalle la estructura de aquellas actividades consideradas indagadoras mediante una herramienta de análisis diseñada *ad hoc* para poder entender el modelo de investigación desempeñado en el aula.

Metodología

Contexto

El estudio se desarrolla a partir de las comunicaciones orales realizadas por alumnado de educación infantil y de educación primaria en diferentes congresos de ciencia de Cataluña. De hecho, el número de iniciativas de esta tipología se ha extendido especialmente por todo el territorio a partir del año 2014. Para facilitar el análisis de las comunicaciones y realizar un estudio amplio y coherente, se han seleccionado aquellos congresos que: i) han realizado diversas ediciones; ii) hacen pública la grabación en vídeo de la comunicación oral realizada por el alumnado; iii) facilitan el soporte gráfico que los participantes emplean durante su presentación (Power Point, Slideshare o Prezi). Bajo estas condiciones, se estudian todas las comunicaciones presentadas en tales congresos que, en conjunto, ascienden a 168 presentaciones.

Estas reuniones científicas tienen lugar en las ciudades de Barcelona (Nou Barris-Sant Andreu), Lleida, Santa Coloma de Gramenet y Vic entre los años 2014 y 2016. Se contó con la participación de aproximadamente 7000 estudiantes, de edades comprendidas entre los 3 y 12 años, procedentes tanto de escuelas públicas como de colegios concertados (representando el 80 y 20%, respectivamente) (CESIRE 2016).

Método

En una primera fase, se realiza un estudio general sobre la participación, las temáticas y las metodologías de aprendizaje identificadas en las comunicaciones estudiadas. Para concretar este último aspecto, se clasifican las presentaciones en indagadoras y no indagadoras. Esta clasificación se realiza en base a los criterios resumidos en los siguientes puntos: i) existe la propuesta de una pregunta investigable; ii) se realiza un diseño experimental, identificando las variables y las medidas que se deben realizar para recoger un conjunto de datos que ayuden a dar respuesta a la pregunta planteada; iii) se presenta una interpretación de los datos recogidos. Consideramos que cumpliendo estos tres puntos, tales presentaciones se consideran indagadoras ya que satisfacen los aspectos principales y más generales que una investigación científica debería presentar según diferentes descripciones del modelo indagador publicadas en la bibliografía (Biggers 2017; Etkina *et al.* 2006; Forbes, Biggers y Zangori 2013). Cabe mencionar que la “comunicación”, un aspecto fundamental del proceso indagador, no ha sido considerada para la selección puesto que es un punto común en todas las presentaciones exhibidas.

En la segunda fase de este trabajo, nos centramos en el estudio de las comunicaciones que se han considerado indagadoras para poder analizar con más detalle cómo los estudiantes entienden y desarrollan esta estrategia. Para cumplir este objetivo, se construye una herramienta de análisis basada en estudios de modelos de indagación realizados previamente (Etkina *et al.* 2006; Forbes *et al.* 2013; Pedaste *et al.* 2015; Sawada *et al.* 2002) ([Anexo](#), tabla 1). Esta herramienta se estructura en cinco criterios que abarcan las diferentes etapas y habilidades que son consideradas esenciales en el desarrollo de una indagación científica: i) orientación de la actividad; ii) ideas preliminares; iii) planificación de la indagación; iv) interpretación y modelización; y v) comunicación, discusión, conclusiones y reflexión. A su vez, estos cinco criterios están desglosados en categorías (hechos observables de los criterios) que permiten un análisis cuantitativo basado en la incidencia de las mismas en las comunicaciones analizadas. A cada categoría le acompaña una descripción o explicación breve de su significado y un ejemplo, como concreción de la acción.

Validación de la herramienta de análisis

Para la validación de esta herramienta de análisis se ha contado con la colaboración de un grupo de docentes experimentados formado por maestros y maestras en activo y profesorado investigador universitario del área de la didáctica de las ciencias experimentales. Entendemos como docente experimentado al profesional con más de 10 años de docencia en la escuela (maestros/as) o en la universidad en el área de la didáctica de las ciencias experimentales o bien en ambos escenarios (profesorado asociado).

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la medida de la misma categoría, se ha calculado un coeficiente de concordancia medio correspondiente al cociente entre la sumatoria de las observaciones concordantes y el total de observaciones. El resultado de esta primera aproximación para la estimación de la concordancia es de 0.82. Sin embargo, sabiendo que este valor tiene la desventaja de sobreestimar el resultado, se calculó posteriormente el índice de Kappa de Cohen. Este índice incorpora en su fórmula una corrección que excluye la concordancia entre observadores que puede atribuirse al azar.

El desarrollo de la observación aportó un valor medio de Kappa de Cohen de 0.62, valor superior a 0.61, que supone una fuerza de concordancia considerable o buena, según la clasificación de Landis y Koch (1977). Desde esta perspectiva, podemos afirmar que la

magnitud de la concordancia entre observadores es importante y además es estadísticamente significativa, por lo tanto, podemos considerar la fiabilidad de la herramienta de análisis como adecuada.

Recogida y análisis de datos provenientes de la segunda fase de estudio

La recogida de datos se ha realizado atendiendo a la presencia o ausencia de las categorías enumeradas en la tabla 1 del [Anexo](#) para las comunicaciones consideradas, visualizando el video de la presentación y el soporte usado por los alumnos para la misma. De esta manera, se determina la incidencia de las diferentes categorías establecidas para un proceso indagador mediante un análisis de frecuencias relativas (%). El análisis de estos resultados permite observar aquellos aspectos del proceso indagador que mayor relevancia han tenido para el alumnado y que, por lo tanto, son presentados por su trascendencia y aquellos aspectos que el alumnado o bien no tiene la necesidad de comunicar o bien no se han tenido en cuenta en el desarrollo de la actividad. El trabajo se complementa con un estudio de correlaciones entre dos categorías diferentes mediante el análisis de Chi-cuadrado de Pearson estudiado a partir del coeficiente Phi. La validación de la herramienta de análisis y el tratamiento de los datos se analizan estadísticamente con el programa IBM SPSS Statistics 24.0 software (IBM SPSS Inc. 2016).

Resultados

Descripción general

Se han analizado 168 comunicaciones llevadas a cabo por alumnado de educación infantil y primaria en congresos de ciencia realizados en diferentes puntos de Catalunya entre los años 2014 y 2016. Un primer análisis general muestra un incremento del 20% de la participación de los centros escolares en dichos congresos a lo largo de las tres ediciones que se han estudiado. Este es un dato relevante que refleja un creciente interés por este tipo de propuestas y, a su vez, una mayor motivación en las escuelas por el desarrollo, difusión e intercambio de trabajos científicos.

Centrándonos en la temática de las actividades científicas presentadas, se observa una cierta asociación entre la edición del congreso y la existencia de eventos culturales, sociales o de actualidad como por ejemplo los Años Internacionales (Organización de las Naciones Unidas 2017), ver figura 1. Por ejemplo, el 2014 fue el Año Internacional de la Agricultura Familiar traduciéndose en un mayor número de trabajos relacionados con los seres vivos, en concreto con el crecimiento de las plantas (50.0%). En el 2015, el 48.1% de las presentaciones estuvieron centradas en la temática “materia y energía” probablemente coincidiendo con el Año Internacional de la Luz. Finalmente, en el 2016, destaca la temática “las personas y la salud” (29.2%), sobre todo vinculada con la alimentación, en consonancia con el Año Internacional de las Legumbres (Organización de las Naciones Unidas 2017).

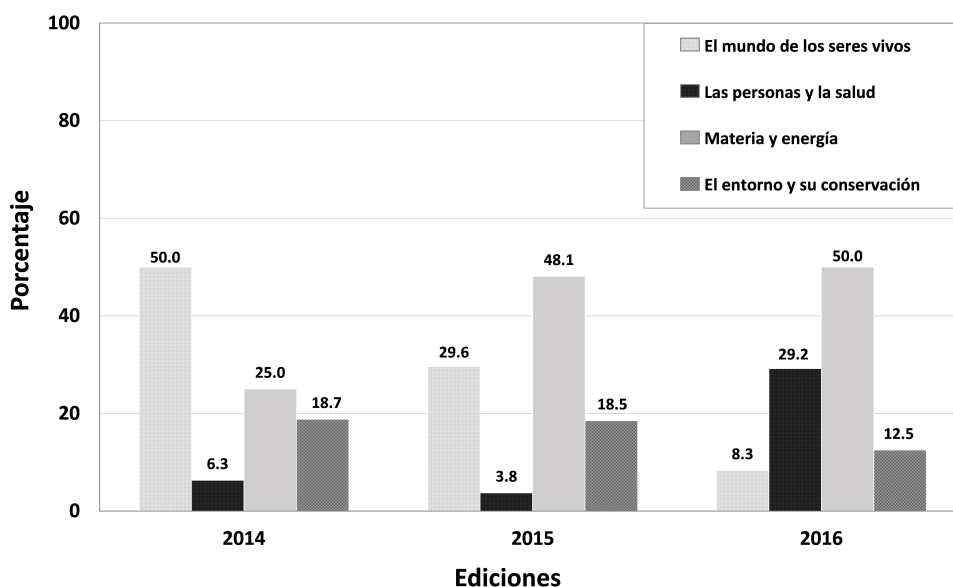


Figura 1. Relación entre la edición de los congresos y la temática.

A nivel general, si nos fijamos en las metodologías de trabajo presentadas en los congresos de ciencia escolar, y atendiendo a los criterios de selección establecidos en el apartado *Método*, se observan dos grupos principales de comunicaciones: las que provienen de trabajos no indagadores (60.1%) y las consideradas indagadoras (39.9%).

Si nos centramos brevemente en las actividades no indagadoras, en un 95% de los casos, los alumnos exponen demostraciones científicas guiadas que han desarrollado en las aulas. En estos trabajos, los estudiantes muestran principalmente experimentos que suelen ser motivadores por su espectacularidad y en los que se sigue, de forma ordenada, una secuencia de acciones para llegar a la explicación del fenómeno natural que se esté trabajando. Generalmente, en dicha metodología, los docentes son quienes proponen la experiencia a partir de contenidos teóricos, habitualmente establecidos e inmutables, y son los estudiantes quienes tratan de formular sus propias explicaciones (Amat, Martí y Grau 2016; Eick, Meadows y Balkcom 2005). El desarrollo de demostraciones científicas puede considerarse de interés en cuanto que favorecen el desarrollo de ciertas habilidades que permitirían realizar una posterior transición hacia la indagación liderada por el alumnado (Eick *et al.* 2005). Por otro lado, en el 5% restante de las actividades no indagadoras se presentan trabajos de carácter teórico basados en explicaciones reproducidas a partir de libros de texto o fuentes bibliográficas. Estas actividades se transmiten en los congresos escolares de ciencias de una forma estructurada, sin embargo, no pueden ser incluidas en esta transición hacia la indagación.

Estudio de comunicaciones derivadas de indagaciones científicas en el aula

Con respecto a las comunicaciones consideradas indagadoras, se analiza con más detalle aquellos aspectos del proceso investigador que los estudiantes consideran con suficiente relevancia para ser presentados y que nos ayudarán a visualizar el modelo o estilo de trabajo llevado a cabo.

Un primer análisis muestra que en el 73% de dichas comunicaciones aparecen representados cada uno de los criterios de la herramienta de análisis. Este dato indica que, en líneas generales, los estudiantes han explicado indagaciones que presentan una estructura coherente y habitual en este tipo de metodologías. En estas indagaciones se vislumbra la presencia de un conjunto de habilidades científicas importantes para el desarrollo de un proceso investigador (Pedaste *et al.* 2015). En concreto, el alumnado suele hacer especial énfasis al criterio de *Planificación de la indagación* etapa que acostumbra a tener un carácter descriptivo, más sistemático y, por lo tanto, fácilmente reproducible a partir de un ejemplo (Asay y Orgill 2010). Sin embargo, se observa una menor incidencia de aquellas categorías relacionadas con la reflexión de las ideas. En estos aspectos del proceso indagador, el alumnado tiene que movilizar sus conocimientos y buscar una coherencia entre lo que observa y las explicaciones que imagina, lo cual implica una movilización en el uso de las ideas y, por lo tanto, una mayor dificultad (Asay y Orgill 2010).

Centrándonos en los resultados del análisis de frecuencias relativas (figura 2), se observa que en el 69.1% de las presentaciones, los estudiantes conceden importancia a la contextualización u orientación de la actividad y tienden a relacionar su investigación con algún ámbito de su vida cotidiana (por ejemplo, una salida de campo, la lectura de un libro o una posible búsqueda bibliográfica). De hecho, esta contextualización aparece con mayor frecuencia en aquellas comunicaciones en las que queda patente que son los propios estudiantes quienes presentan la iniciativa y deciden qué cuestión quieren investigar (70.6%, figura 2). Entendemos que, en estos casos, los estudiantes muestran una mayor motivación por la investigación y les resulta más sencillo relacionarla con su entorno más cercano (Forbes *et al.* 2013). Sin embargo, en las comunicaciones donde se explicita que el docente es quien plantea la pregunta investigable (13.2%) existe una relación inversa con la contextualización de la actividad (tabla 2b). También se observa un pequeño grupo de trabajos (16.2%) en el que la pregunta investigable no es planteada ni por el alumno ni por el docente, sino que se obtiene directamente a partir del contexto (planteada por el libro de texto, dossier de visita al museo o sugerida en el *kit* experimental).

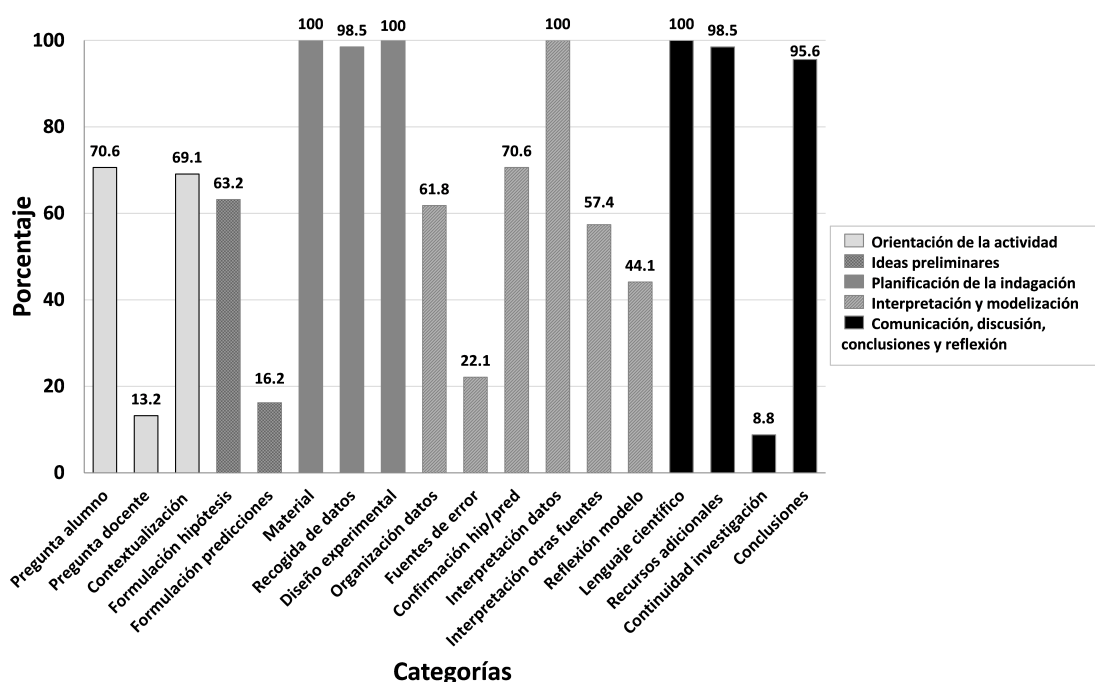


Figura 2: Análisis descriptivo porcentual de las categorías.

Tal y como hemos mencionado anteriormente, aunque la formulación de hipótesis o ideas previas implica cierta dificultad, en el presente estudio es frecuente observar la presentación de las mismas con respecto a la pregunta de investigación. De modo que, el planteamiento de hipótesis queda patente en el 63.2% de las comunicaciones mientras que, en menor frecuencia, los alumnos realizan alguna predicción (16.2%). Además, el coeficiente de correlación de Phi destaca, con una alta correlación (tabla 2a), que cuando se presentan hipótesis o predicciones, los estudiantes acostumbran a exteriorizar la correspondiente confirmación o refutación al finalizar su investigación (70.6%, figura 2). Es habitual que los estudiantes relacionen la metodología de investigación con la formulación previa de hipótesis y, de ahí, suponemos esta elevada frecuencia de aparición, en consonancia con recientes resultados publicados (García-Carmona, Criado, Cruz-Guzmán 2016). De hecho, este dato se valora positivamente ya que resalta el esfuerzo del alumnado por trabajar las ideas científicas previas en relación al tema de investigación. El trabajo a partir de las ideas previas es fundamental, pues permite que el estudiante pueda percibir la elaboración de modelos más complejos durante el transcurso de la acción educativa y, así, valorar el entendimiento que puede alcanzar sobre el fenómeno o tema estudiado (Amat *et al.* 2016). Es importante destacar que en este trabajo solamente se considera la incidencia de esta habilidad sin llegar a valorar la calidad de las hipótesis planteadas (Ferrés *et al.* 2015).

Tabla 2. Análisis de correlación entre las categorías. a) Asociación positiva o directa entre categorías; b) Asociación negativa o inversa entre categorías.

a. Asociación positiva o directa entre categorías	Chi-cuadrado de Pearson	Coeficiente Phi	p
Formulación hipótesis x Confirmación hipótesis/predicciones	33.208	0.704	<0.01
Formulación predicciones x Confirmación hipótesis-predicciones	5.209	0.279	<0.05
Formulación predicciones x Reflexión modelo	11.327	0.411	<0.01
b. Asociación negativa o inversa entre categorías	Chi-cuadrado de Pearson	Coeficiente Phi	p
Pregunta promovida por el docente x Contextualización de la actividad	6.028	-0.300	<0.05
Pregunta promovida por el alumno x Pregunta promovida por el docente	17.305	-0.508	<0.01
Interpretación a partir de otras fuentes x Fuentes de error	4.916	-0.271	<0.05

Con respecto a la planificación de la indagación, destaca el gran detalle empleado en sus presentaciones, enumerando y explicando en todos los casos el material o instrumentos utilizados así como también la secuencia ordenada de acciones que han seguido, las variables, las medidas realizadas y los datos recogidos (figura 2).

La interpretación de los datos es considerada como una fase imprescindible en el proceso indagador, entendida como una etapa de conexión entre la pregunta investigable, la formulación de hipótesis y el análisis de las evidencias recogidas fruto de la experimentación. En el presente trabajo, es habitual observar que los estudiantes que presentan interpretaciones y explicaciones más elaboradas son aquellos que también muestran una organización previa, en formato de gráfico o tabla, de los datos recogidos durante su indagación (61.6%, figura 2). También destaca que en el 57.4% de las presentaciones, los estudiantes comentan el uso de fuentes adicionales de información webgráfica o bibliográfica. La interpretación a partir de estas fuentes está relacionada inversamente con la identificación de posibles errores cometidos

durante la investigación (tabla 2b). Dicha correlación inversa podría atribuirse a que cuando encuentran directamente la interpretación a partir de las fuentes bibliográficas dan por válidas sus explicaciones. De hecho, solo en el 22.1% de los trabajos se observa que se tienen en cuenta los posibles errores cometidos durante la experimentación, unos datos que concuerdan, por ejemplo, con el trabajo publicado por García-Carmona *et al.* (2016). En la educación científica básica, se aprecia una dificultad especial por parte del alumnado para encontrar problemas o errores cometidos durante la etapa de planificación y experimentación de la indagación (Etkina *et al.* 2006).

En general, el desarrollo de las ideas científicas no es una tarea sencilla para los estudiantes. Aun así, entre las presentaciones analizadas, destaca una notable proporción de trabajos (44.1%, figura 2) en los que se tiene en cuenta una modelización científica que, en algunos casos, se puede entrever que es llevada a cabo con la ayuda del docente. En nuestro estudio, es interesante ver que esta reflexión se percibe principalmente cuando el alumnado ha trabajado previamente la formulación de hipótesis y predicciones (tabla 2a). En estos casos se intuye una modelización más avanzada, observándose expresiones del tipo: «...a diferencia de lo que pensábamos, después de realizar el experimento, hemos aprendido que...». Parece ser que cuando los alumnos vuelven atrás para constatar los resultados con las hipótesis planteadas, además de confirmarlas o refutarlas, hacen un balance final de la construcción de su conocimiento científico.

También destaca un uso adecuado del lenguaje científico, probablemente por la alta preparación exigida para la presentación en el congreso. Para mejorar y estructurar su comunicación, en el 98.5% de los casos, los estudiantes han empleado recursos adicionales como vídeos, fotografías o maquetas (figura 2). Contrariamente, solamente en algunas presentaciones (8.8%) se valora una posible continuidad de la actividad o el surgimiento de nuevas preguntas a partir de la investigación desarrollada. Este hecho podría atribuirse a que las comunicaciones en los congresos se preparan de una forma hermética, donde se focaliza el proyecto a presentar sin dar pie a una posible continuidad o al planteamiento de nuevas perspectivas *a posteriori* de la actividad realizada. Por último, se observa como la gran mayoría del alumnado considera fundamental mostrar una síntesis final de sus explicaciones a modo de conclusión. Reflexionar sobre el trabajo realizado (de manera individual y/o colectiva) y poner orden a las ideas encontradas ayuda a promover el propio entendimiento y puede marcar el final del ciclo de aprendizaje (Pedaste *et al.* 2015).

Conclusiones

En el presente artículo se ha estudiado el modelo de actividades científicas desarrolladas en las aulas a través de comunicaciones que alumnos de educación infantil y primaria han presentado en congresos escolares de ciencias. En general se ha constatado que el trabajo científico analizado se circunscribe en dos metodologías principales: la demostración científica y la indagación. Ambos procesos pueden ayudar en el aprendizaje de las ciencias experimentales pero, sobre todo, la indagación (presente en el 39,9% de las comunicaciones analizadas) se considera como una de las estrategias que mejores resultados proporciona (Demir y Abell 2010; National Research Council 2000).

Con el objetivo de analizar en detalle el modelo de indagaciones presentadas, se ha construido una herramienta de análisis que permite estudiar la frecuencia de aparición de las diferentes etapas y habilidades que se desarrollan habitualmente en un proceso de investigación (tabla 1). En la mayoría de las comunicaciones, los estudiantes presentan una estructura general muy apropiada para este tipo de metodología: i) plantean una pregunta investigable contextualizada

en un entorno próximo; ii) mediante la formulación de hipótesis, tienen en cuenta las ideas científicas preliminares relacionadas con el tema de su investigación; iii) planifican una investigación que permite recoger datos para ser interpretados y explicados con el objetivo de dar respuesta a la cuestión inicial.

En general, el estudio realizado indica que las experiencias indagadoras comunicadas aportan valor al aprendizaje y, en concreto, resulta muy interesante observar la especial importancia que el alumnado proporciona a las etapas de planificación e interpretación de los datos provenientes de su investigación. En ambos casos, los estudiantes reconocen que estas habilidades son fundamentales en un proceso indagador, tal y como se evidencia en las comunicaciones presentadas. En concreto, la planificación es una habilidad representada de una manera muy satisfactoria; un hecho que llama la atención, pues en la literatura se han descrito las dificultades que hasta los estudiantes de profesorado de primaria suelen presentar para llevar a cabo tal etapa (García-Carmona *et al.* 2016). Entendemos que la preparación previa de la comunicación juega un papel muy importante y que, probablemente, el alumnado prefiera destacar los buenos resultados antes que los errores o dificultades encontradas. Es posible que dichas dificultades surjan durante el proceso de planificación desarrollado en el aula pero también se ha de valorar positivamente el proceso de reflexión realizado por el alumnado para organizar y presentar la planificación adecuada y claramente en el congreso. Por otro lado, los alumnos también dejan constancia de que la interpretación de los datos es necesaria en un proceso indagador. Sin embargo, en las presentaciones es posible evidenciar una menor incidencia de la reflexión de las ideas o de la formulación de las correspondientes explicaciones científicas. Este tipo de habilidades suelen requerir de un mayor esfuerzo por parte del alumnado y mayor apoyo docente, ya que implican la búsqueda de relaciones razonables y lógicas entre lo que observan, la información y conocimientos disponibles, y la correspondiente explicación.

Con respecto al papel del docente, es ampliamente conocido que su orientación y guía es imprescindible en la realización de actividades indagadoras en el contexto escolar. Sin embargo, aunque en el presente trabajo no se ha podido determinar con detalle la incidencia del rol docente en el proceso indagador, pensamos que puede haber influido en el desarrollo de estas actividades, así como también en la preparación de las comunicaciones. La formación del profesorado en indagación es un aspecto y condición relevantes para desarrollar en el centro escolar estos procesos de forma eficaz. En este sentido, tenemos constancia de la formación de algunas maestras y maestros, previa a la realización del congreso, que puede haber contribuido a los buenos resultados observados en el presente estudio. Desde esta perspectiva, sería interesante abordar en futuros estudios cuál es el papel del docente en la realización de estos trabajos de investigación, y valorar su contribución tanto en el desarrollo de la actividad como en la preparación de la correspondiente comunicación.

En resumen, con este estudio se pretende mostrar el éxito de los congresos de ciencias como espacio de comunicación para la ciencia escolar y, en concreto, de las actividades indagadoras. De hecho, el presente análisis de indagación realizado a través de tales reuniones puede contribuir y facilitar el diseño de ambientes de aprendizaje científico así como constituir una herramienta de soporte especial para las tareas que los docentes y estudiantes puedan realizar en sus contextos escolares.

Agradecimientos

Los autores agradecen al alumnado y a los equipos docentes su participación y disposición a compartir el material presentado en los congresos de ciencia escolar. También agradecemos a los docentes Anna Jiménez, Juan de Miguel y Adelina Ianos por sus orientaciones y participación en la validación de la herramienta de análisis.

Finalmente, este trabajo se enmarca dentro del Proyecto *Programa de Promoció de la Recerca 2016 -AUDL - Ajuts de la Universitat de Lleida*.

Referencias

- Abd-El-Khalick F., Boujaoude S., Duschl R., Lederman N. G., Mamlok, Naaman R., Hofstein A., Niaz M., Treagust D., Tuan H. L. (2004) Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education* 88 (3), 397-419.
- Amat A., Martí J., Grau V. (2016) *Investiguem la matèria*. Barcelona: Consell d'Edicions i Publicacions de l'Ajuntament de Barcelona.
- Asay L. D., Orgill M. (2010) Analysis of essential features of inquiry found in articles published in *The Science Teacher*, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education* 21(1), 57-79.
- Biggers M. (2017) Questioning Questions: Elementary Teachers' Adaptations of Investigation Questions Across the Inquiry Continuum. *Research in Science Education* 1-28, DOI: 10.1007/s11165-016-9556-4.
- Biggs J. (2003) *Teaching for quality learning at university*. Buckingham: Open University Press.
- Cañal P., Criado A. M., García-Carmona A., Muñoz G. (2013) La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de Educación Infantil y Primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela* 81, 21-42.
- CESIRE (2016) Fires i congressos (Infantil i Primària). Recuperado de: <http://srvcnpbs.xtec.cat/cdec/index.php/fires-congressos>
- De la Blanca S., Hidalgo J., Burgos C. (2013) Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. *Enseñanza de las Ciencias* N° Extra., 979-983.
- Demir A., Abell S. K. (2010) Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (6), 716-741.
- Eick C., Meadows L., Balkcom R. (2005) Breaking into inquiry. *The Science Teacher* 72 (7), 49.
- Etkina E., Van Heuvelen A., White-Brahmia S., Brookes D. T., Gentile M., Murthy S., Rosegnant D., Warren, A. (2006) Scientific abilities and their assessment *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 2 (2), 020103.
- Fernández D. P., Greca I. M. (2014) Uso de la metodología de la indagación para la enseñanza de nociones sobre fuerzas en primer ciclo de la escuela primaria. *Revista de Enseñanza de la Física* 26 (2), 265-273.
- Ferrés C., Marbà A., Sanmartí N. (2015) Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12 (1), 22-37.
- Forbes C. T., Biggers M., Zangori L. (2013) Investigating essential characteristics of scientific practices in elementary science learning environments: The practices of science observation protocol (P-SOP). *School Science and Mathematics* 113 (4), 180-190.

- García-Carmona A., Criado A. M., Cruz-Guzmán M. (2016) Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 1-22. DOI: 10.1007/s11165-016-9536-8
- Hazelkorn, E., Charly, R., Yves, B., Constantinos, C., Ligia, D., Michel, G., ... Welzel-Breuer, M. (2015) *Science education for responsible citizenship*. Brussels: European Commission.
- IBM Corp (2016) IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, New York: IBM Corp.
- Kang N. H., Orgill M., Crippen K. J. (2008) Understanding teachers' conceptions of classroom inquiry with a teaching scenario survey instrument. *Journal of Science Teacher Education* 19 (4), 337-354.
- Landis J. R., Koch G. G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data *Biometrics* 33, 159-174.
- Martí J., Amat A. (2017) La comunicació científica a l'educació primària. *Guix* 433, 14-18.
- National Research Council (1996) *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000) *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2012) *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Organización de las Naciones Unidas (2017) [Años Internacionales](#).
- Pedaste M., Mäeots M., Siiman L. A., De Jong T., Van Riesen S. A., Kamp E. T., Constantinos C.M., Zacharias C.Z., Tsourlidaki, E. (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review* 14, 47-61.
- Romero-Ariza M. (2017) El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 286-299.
- Sawada D., Piburn M. D., Judson E., Turley J., Falconer K., Benford R., Bloom I. (2002) Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol. *School Science and Mathematics* 102 (6), 245-253.
- Seung E., Park S., Jung J. (2014) Exploring preservice elementary teachers' understanding of the essential features of inquiry-based science teaching using evidence-based reflection. *Research in Science Education* 44 (4), 507-529.
- Toma R. B., Greca I. M., Meneses-Villagrà J. Á. (2017) Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 441-457.

Anexo

Herramienta de análisis de la comunicación de un proceso indagador.

CRITERIO	CATEGORIAS	DESCRIPCIÓN En la comunicación...	EJEMPLOS
Orientación de la actividad	Pregunta promovida por el alumno	...se muestra una observación previa, un interés y una curiosidad por parte del alumno	«Había una pregunta que nos generó interés: ¿cómo varían los elementos meteorológicos a lo largo del día?»
	Pregunta promovida por el docente	...se deja constancia de que el docente promueve el interés y la curiosidad de los alumnos	«La pregunta que nos hicieron los maestros antes de empezar el taller, fue: ¿por qué decimos que las plantas son seres vivos?»
	Contextualización de la actividad	...se observa que la actividad indagadora forma parte de un contexto más general	«Durante el curso fuimos de excursión a <i>Esterri d'Àneu</i> (Pirineo), donde nos planteamos nuestra investigación»
Ideas preliminares	Formulación de hipótesis	...se deja constancia de su modelo intuitivo o de su idea previa sobre el tema a investigar	«...si cuando hay más temperatura en nuestro cuerpo, hay más presión, entonces cuanta más presión atmosférica, mayor temperatura»
	Formulación de predicciones	...explican lo que se cree que sucederá en relación a la pregunta de investigación sin tener en cuenta una idea o modelo científico	«...los huesos sumergidos en agua se volverán más fuertes y aumentarán su anchura»
Planificación de la indagación	Material	...se presenta el material y/o instrumentos utilizados	«Para medir la humedad y la temperatura usamos la estación meteorológica y para medir las precipitaciones el pluviómetro»
	Recogida de datos	...se muestran los datos recogidos que tienen relación con la pregunta investigable	«Anotamos en la libreta los datos referentes a la temperatura en grados centígrados. La temperatura inicial del agua, era de 21°C, aplicamos calor y la temperatura pasó a ser 26.3°C,...»
	Diseño experimental	...los estudiantes explican detalladamente el diseño experimental, identificando las variables a tener en cuenta y mostrando una fiabilidad para que pueda ser reproducido	«Primero, colocamos las manos sucias en la placa de Petri. Después, colocamos las manos limpias con agua en la segunda placa. Finalmente, colocamos las manos limpias con agua y jabón en la tercera placa de Petri»
Interpretación y modelización	Organización de los datos	...se muestra una organización de los datos en forma de tabla, gráfico, etc.	«Al final de cada mes analizamos los datos recogidos y realizamos gráficos primero a mano y después con la ayuda del Excel»
	Fuentes de error	...identificar posibles fuentes de error	«Cuando llevábamos unos cuantos lanzamientos y cada vez desde más altura, nos dimos cuenta que también teníamos que medir la profundidad del agujero y volvimos a empezar el experimento»
	Confirmación/refutación de hipótesis y/o predicciones	...se confirman o se refutan las hipótesis/predicciones formuladas inicialmente relacionadas con la pregunta de investigación	«Hemos observado que cuando el clima es húmedo, la presión atmosférica aumenta. Eso contrasta con nuestra hipótesis que era incorrecta»
	Interpretación de datos	...realizan una interpretación coherente con los datos obtenidos en relación con la pregunta investigable	«Con los datos obtenidos, hemos observado que el cráter tiene el diámetro mayor si el meteorito es mayor en superficie y tiene más peso»
	Interpretación a partir de otras fuentes	...explican cómo completan las interpretaciones a partir de otras fuentes de información	«Hemos buscado información en los libros e Internet porque teníamos dudas sobre la interpretación de nuestros resultados»
	Reflexión del modelo	...reflexionan sobre su modelo o ideas iniciales a partir de las evidencias obtenidas	«Inicialmente creíamos que los alimentos estudiados, por sus características, aportaban una energía parecida. Después de la investigación, hemos aprendido que las calorías que aportan los frutos secos estudiados no son exactamente las mismas según el tipo de fruto estudiado aunque sus valores sí que son parecidos»
Comunicación, discusión, conclusiones y reflexión	Uso del lenguaje científico	...utilizan un lenguaje científico adecuado	Usan expresiones y vocabulario específico adecuado al tema que presentan: material, instrumentos, variables, unidades de medida,...
	Recursos adicionales	...los alumnos usan recursos adicionales para completar su comunicación	Usan fotografías, videos, maquetas, material de laboratorio, etc. en la presentación para mostrar cómo han realizado la actividad.
	Continuidad de la investigación	...se deja constancia de una posible continuidad de la experiencia presentada	«Todavía nos quedan muchas cosas por estudiar, por ejemplo: hay gusanos que parecen escarabajos, pero ¿qué son?»
	Conclusiones	...recogen las ideas fundamentales para resumir y concluir el proceso indagador comunicado	«Después del experimento podemos decir que el cráter se forma según: 1) la superficie del planeta donde cae el meteorito; 2) la superficie y el material del meteorito; 3) la mayoría de cráteres son diferentes porque también son diferentes los meteoritos que impactan»