

Modelización de un constructo teórico sobre la percepción del alumnado en procesos de indagación en ciencias

Bartolomé Vázquez-Bernal y Roque Jiménez-Pérez
Universidad de Huelva

Resumen

El objetivo de este estudio es la modelización teórica de un constructo sobre la investigación escolar en ciencias experimentales. El estudio se llevó a cabo con una muestra incidental de alumnado dentro un amplio rango de edades y diversos niveles educativos que participaban en un proyecto sobre el uso de trabajos prácticos en ciencia y tecnología. El instrumento consistía en un cuestionario tipo Likert que indagaba en cuestiones conceptuales, procedimientos científicos, emisión de hipótesis, realización de informes de investigación y actitudes hacia la ciencia y tecnología en un abanico muy amplio de problemas de investigación escolar. Las variables de estudio inciden en estos aspectos de interés. Se estimó un modelo teórico con tres factores de primer orden (experiencial, conceptual y explicativo) y otro factor de tercer orden (factor integrador). El modelo diseñado no se rechazó y puede proporcionar una base para comprender cómo percibe el alumnado los trabajos experimentales en ciencias y tecnología.

Palabras clave: modelización por ecuaciones estructurales, indagación en ciencias, percepción del alumnado.

Abstract

The aim of this study is the theoretical modeling of a construct in research on education science. The study was conducted with an incidental sample of students of a wide range of ages and various educational levels involved in a project on the use of practical work in science and technology. The instrument consisted of a questionnaire that asked Likert conceptual issues, scientific procedures, hypothesis stating, research reports and attitudes toward science and technology in a wide range of problems of school research. The study variables affect these areas of interest. A theoretical model with three first-factors orders (experiential, conceptual and explanatory) and another third-order factor (integrating factor) was estimated. The designed model was not rejected and can provide a basis for understanding how the students perceived the experimental work on science and technology.

Keywords: structural equation modeling (SEM), inquiry based science education, students' perceptions.

Correspondencia: Bartolomé Vázquez-Bernal, Departamento de Didáctica de las Ciencias y Filosofía, Universidad de Huelva, Dirección: Avda. Tres de Marzo s/n, E-mail: bartolome.vazquez@ddcc.uhu.es

Introducción

La enseñanza y aprendizaje de las ciencias debe integrar y enriquecer el conocimiento cotidiano, pues posee su propia naturaleza epistemológica (García Díaz, 1998). En este sentido, en el marco conceptual de «*Inquiry-Based Science Education/IBSE*» (European Commission, 2007), la investigación escolar se asocia a los contenidos escolares en las áreas de la ciencia y la tecnología (Östman y Wickman, 2014). El objetivo de este artículo es formular un planteamiento teórico vinculado al trabajo científico-didáctico en el aula del alumnado, para ello se han seleccionado un conjunto de variables implicadas en ese proceso (conceptos científicos, procedimientos científicos, emisión de hipótesis, realización de informes y actitud hacia las ciencias) de forma que, a partir de los conocimientos establecidos en la bibliografía y de estimar la interrelación entre tales variables, dicho planteamiento teórico pueda someterse a prueba empírica mediante SEM.

Diversos modelos SEM han revelado la importancia del nuevo conocimiento científico en el aprendizaje de las ciencias como factor clave en la confianza y autoeficacia del alumnado, superior a la mera superación de pruebas y exámenes (Lin y Tsai, 2013). Otros estudios, basados en modelos SEM, incluyendo también variables cognitivas y afectivas, han destacado la importancia de poseer una adecuada comprensión significativa de los conceptos científicos (Nieswandt, 2007), además del uso de

estrategias de aprendizaje y el apoyo social del alumnado (Lamb, Akmal, y Petrie, 2015).

La investigación didáctica ha evidenciado que el uso de modelos sociales y las actividades de colaboración y aprendizaje fomentan la motivación de los estudiantes, sus logros y el interés por las carreras científicas (Bryan, Glynn, y Kittleson, 2011), destacando el uso del laboratorio (Reigosa, 2012). Algunas modelizaciones ponen de manifiesto que junto a los procedimientos, la conceptualización, la estrategia de interactuar y la autoeficacia predicen bastante bien el éxito para llevar a cabo esos procedimientos (Taasoobshirazi y Glynn, 2009), aunque otros modelos proponen que, además de la habilidad experimental, la capacidad de interactuar, la mentalidad científica y un comportamiento adecuado en el aula forman una identidad específica del estudiante que le ayuda en sus expectativas de éxito (Shanahan y Nieswandt, 2011). A ello se añade la autoeficacia, el apoyo social y las propias expectativas de éxito (Nugent et al., 2015).

La posibilidad de que el alumnado realice predicciones sobre determinados fenómenos naturales es una oportunidad para indagar en su comprensión (Campanario y Otero, 2000), esencial en cualquier secuencia didáctica (Guisasola et al., 2012). Algunos modelizaciones han encontrado que enseñar a los estudiantes a razonar, argumentar y pensar críticamente mejora el aprendizaje conceptual de los estudiantes (Nolen, 2003). Otras evaluaciones de modelos centrados en el am-

biente de clase, el logro de objetivos y la práctica del pensamiento reflexivo se hallan fuertemente vinculados al rendimiento académico (Phan, 2008).

Existe un consenso en la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) por el cual, hacer ciencia, incluye la apropiación de recursos discursivos y construir con palabras el significado de la experiencia (Lemke, 1997). Para Krajcik y Sutherland (2010) la alfabetización científica permite a los estudiantes compartir sus pensamientos y enriquecer su comprensión. En este sentido, la realización de informes de investigación es una práctica esencial en la ciencia escolar. Diversos estudios SEM, en niños pequeños, ya han puesto en evidencia que los efectos de la actitud hacia la escritura y los logros alcanzados son bidireccionales (Graham, Berninger, y Fan, 2007) y que la motivación juega un papel fundamental (Lam y Sam, 2007). En el campo concreto de la DCE, la autoeficacia desempeña un lugar central en la realización de tareas científicas diarias en el aula, incluidos la realización de informes (Uzuntiryaki y Aydın, 2009).

Desde la agenda de investigación internacional se demanda la inclusión de la actitud hacia las ciencias experimentales en cualquier modelo teórico (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2011). En este sentido, un modelo con cuatro dimensiones (interés por lecciones teóricas, por el trabajo en el laboratorio, las creencias evaluativas y las tendencias de comportamiento para el aprendizaje de la química) fue desarrollado para explicar

la actitud hacia la Química (Cheung, 2009). Otro estudio reveló que el interés personal y el situacional hacia la Física, así como el rendimiento académico, se veían confirmado por dos estrategias docentes: elección de aula y explicitar la relevancia de los contenidos (González y Paoloni, 2015), protegiendo al alumnado de la desafección hacia esta materia. Otros modelos inciden en la importancia de la relación entre ansiedad en el laboratorio de química, actitudes hacia la química y la autoeficacia (Kurbanoglu y Akim, 2010). También la autoeficacia fue relevante en otro estudio que destacaba su relación con la capacidad de integración social en la comunidad científica y la predicción de continuar una carrera científica (Estrada et al., 2011), estudios que han sido ampliados por otros donde la persistencia de la motivación hacia las ciencias estaba altamente determinada por la auto-percepción de autonomía y competencia (Lavigne, Vallerand, y Miquelon, 2007) o por la importancia de la ciencia para sus futuras carreras (Glynn et al., 2007).

En resumen, a partir del estado de la cuestión, existe una clara asociación entre la actitud que el alumnado posee hacia la ciencia y la implementación de procedimientos científicos escolares en el aula, además, la realización de informes de investigación por el alumnado viene determinada por su capacidad de explicación a través de las hipótesis, sujetas a sus esquemas conceptuales. Al ser el objetivo principal de este trabajo la formulación de un planteamiento teórico subyacente

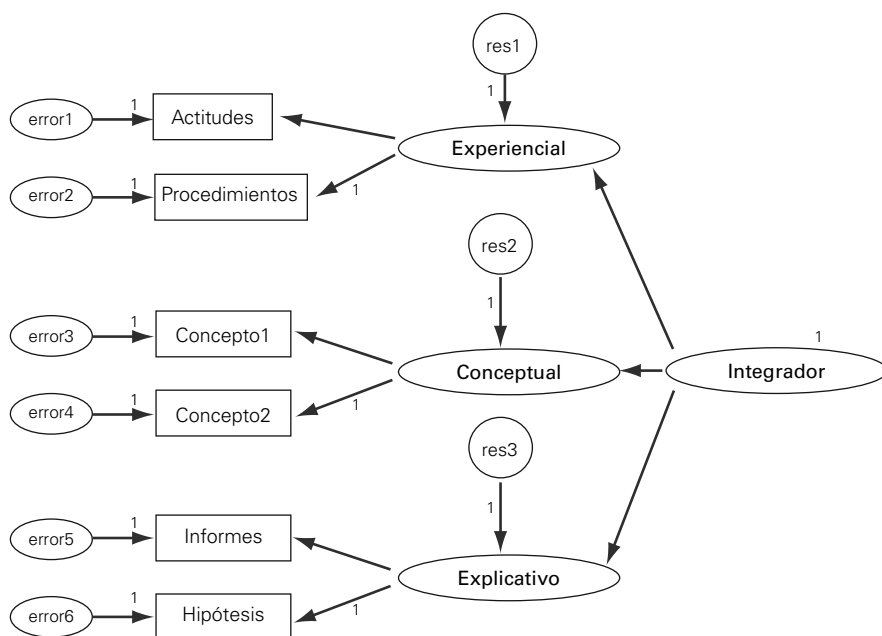


Figura 1. Diagrama conceptual del modelo inicial (A) sobre investigación escolar.

al trabajo científico-didáctico en el aula, en la figura 1 se expresa dicho modelo (notación AMOS 20[®]), al que se ha denominado «Diagrama conceptual del modelo inicial sobre investigación escolar», el cual se someterá a prueba empírica (SEM) para comprobar si se rechaza o no.

Método

Participantes

En el estudio participó el alumnado completo de un centro de secundaria público de nivel social medio-bajo de una localidad andaluza de tamaño medio (720 alumnos) y el

alumnado de tercer curso de la titulación del grado de Maestro de Educación Infantil de una universidad pública de Andalucía (120 alumnos/as). En la investigación, el sexo de los participantes no era relevante, si bien los grupos, en el caso del instituto, al ser naturales y de acuerdo a los datos manejados, mostraban una distribución prácticamente del 50% por sexo. En el caso de la universidad, la muestra fue mayoritariamente femenina (efecto de la titulación), con valores del 3% de varones y 97% de mujeres. La Tabla 1 expresa la distribución de niveles educativos (en el anexo I se muestran las distribuciones por preguntas de investigación escolar).

Tabla 1

Distribución de Cuestionarios entre los Niveles Educativos Participantes

Nivel Educativo	N.º de Cuestionarios	Distribución por niveles (%)	Distribución de edades por ciclos educativos (%)
1.º ESO	176	8.7%	12-14 años
2.º ESO	363	17.8%	26.5%
3.º ESO	267	13.1%	14-16 años
4.º ESO	150	7.4%	20.5%
1.º BAC	697	34.3%	16-18 años
2.º BAC	69	3.4%	37.7%
3.º Grado Infantil	311	15.3%	18-22 años 15.3%
TOTAL	2033	100.0%	Edad promedio 16.9 años

Se empleó un muestreo de conveniencia, mostrando más interés en el grupo-clase, eligiéndose por formar parte de un proyecto de investigación educativa de la Junta de Andalucía, que giraba en torno a dos pilares: la investigación-acción en el aula (8 profesores de secundaria y cuatro profesores de universidad) y el uso de metodologías indagatorias (Windschitl et al., 2008), en forma de trabajos prácticos por parte del alumnado en el área científico-tecnológica, bajo el paraguas conceptual de IBSE.

Diseño

El estudio es de naturaleza no experimental, más concreto, ex-post-facto (Latorre, del Rincón, y Arnal, 1996). Para disminuir el sesgo sis-

temático, se obtuvo una gran cantidad de información en forma de una elevada muestra. Además, para evitar problemas de especial insensibilidad a la no normalidad de los datos, se dispuso de un elevado número de casos que compensase la previsible falta de normalidad (Cupani, 2012), aspecto que se incidirá en el apartado siguiente. Las variables objeto de estudio inciden en aspectos básicos de un proceso de investigación escolar en contexto natural, implementados por un profesorado también muy diversificado.

Instrumentos

El instrumento de recogida de información es una escala tipo Likert clásica. Se define con un valor que

va desde 1 (nada de acuerdo), hasta 4 (muy de acuerdo). Se eliminó el valor central de la escala para obligar, de alguna manera, a decidir al alumnado. Ello contribuyó a producir problemas de normalidad en la muestra, de lo que se fue consciente desde el principio, pero se optó por obtener una muestra elevada de cuestionarios para minimizar su impacto.

El instrumento consta de 6 variables. Las dos primeras son de naturaleza conceptual (Concepto1, Concepto2) y versan sobre la comprensión del alumnado de los conceptos específicos de cada trabajo práctico. A modo de ejemplo, en el trabajo «¿Qué factores influyen el período de oscilación de un péndulo?», se les anima a situarse en la escala respecto a las siguientes aseveraciones: «Conozco el concepto de período de oscilación de un péndulo y su importancia en la historia de la ciencia» (Concepto1); «Entiendo los factores que influyen en ese período» (Concepto2). La tercera variable se centra en el núcleo central del procedimiento implicado en cada trabajo práctico (Procedimiento), por ejemplo: «Realizo procesos que supongan control de variables». La cuarta variable (Hipótesis), común a todos los trabajos, incide en cómo ve el alumnado su capacidad de emitir hipótesis al inicio de cada experiencia: «Pude realizar mis hipótesis iniciales sin dificultades». La quinta variable, también común, alude a la capacidad de elaborar informes de investigación como una parte más del trabajo científico (Informes): «Puede realizar informes de investigación satisfactorios».

Por último, la sexta variable alude a valorar aspectos relacionados con la actividad científica o bien con algún aspecto que se desea destacar en cada experiencia concreta (Actitudes): «Valoro la importancia de la disciplina y la rigurosidad en la realización de experiencias en el laboratorio».

Cada cuestionario fue supervisado por el profesorado encargado de ese trabajo práctico, al menos un mes después de haber realizado el alumnado cada informe final.

Respecto a la validez y fiabilidad del instrumento, el análisis de frecuencias mostró un sesgo importante de las variables hacia los valores superiores de la escala Likert (3 y 4). Con las sospechas de proceder de una distribución no normal de la población, se aplicó el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, rechazando la Hipótesis nula (H_0) en todas las variables, pues mostraron valores inferiores al 5% de significación ($p < .001$), luego se asumió que la muestra provenía de una población con distribución no normal en las variables.

El valor α de Conbrach fue de .667, inferior al valor .7, satisfactorio en la investigación exploratoria (Robinson, Shaver, y Wrightsman, 1991). No obstante, las posibilidades de sobrestimación de la escala fueron pequeños, dado el escaso número de ítems de la escala y la elevada muestra (Oviedo y Campo, 2005). En este sentido, si se eliminase cualquiera de los ítems, la mejora en α de Conbrach variaría entre .613 y .639, una mejora insustancial. El valor de la varianza media extractada (VME) es .523, superando el mínimo

recomendado. Por su parte, la fiabilidad compuesta es del .701, valor ajustado al límite, pero aceptable.

Un caso que afecta, especialmente, a las escalas tipo Likert es su multivarianza y, con más precisión, aquello que afecta a la curtosis multivariante (Decarlo, 1997). No se hallaron valores superiores a 4, en términos absolutos, por lo que puede aducirse que no existe una distribución sustancialmente curtótica. Ahora bien, que garantice un alejamiento de las variables observadas no significa que, tomadas en conjunto, presente una normalidad multivariante. El valor obtenido para este parámetro (CR) fue de 13.132, superior a 5, lo que indica alejamiento de la situación de normalidad. En este sentido, tiene fundamento una estimación ADF ($N = 2033$ casos, mayor que los 150 casos exigidos). El análisis de la distancia de Mahalanobis (D^2 : centroide) no arrojó valores atípicos multivariantes, solo la observación 1879 poseía un valor superior a 30.157.

Procedimiento

A lo largo de cuatro cursos escolares (2010-2011 hasta 2013-2014) se trabajó en una dinámica colaborativa Secundaria-Universidad, donde se implementaron 23 preguntas de investigación escolar (Anexo I) en las áreas de Física, Química, Biología, Geología y Tecnología. Los trabajos fueron implementados a lo largo de las unidades didácticas en el momento que decidía cada profesor/a, previo debate en el seno del grupo sobre qué diseño

podía ser el mejor. Como elemento transversal a todos ellos, debían explicitarse las ideas del alumnado bajo el paraguas conceptual de las hipótesis iniciales. Las memorias finales presentaban puntos comunes similares a cualquier trabajo científico, incluyendo bibliografía y propuestas de mejoras y pasando por el contraste entre las hipótesis iniciales y los resultados obtenidos en la experiencia. El promedio de experiencias por alumnado se sitúa en una media de 2.4, arrojando una muestra de 2033 cuestionarios (Anexo I).

Resultados

Análisis previos

Se realizó un análisis exploratorio inicial que se resumirá brevemente. En la Tabla 2 se indican los estadísticos descriptivos.

Tabla 2

Estadísticos Descriptivos

	Media	Desviación típica	Varianza
Actitudes	3.49	.746	.556
Procedimientos	3.19	.837	.701
Concepto1	3.08	.822	.676
Concepto2	2.98	.877	.770
Hipótesis	2.90	.854	.729
Informes	2.89	.868	.754

Se procedió a realizar un análisis factorial exploratorio (AF), reali-

zado con SPSS 20®. Se observó que se cumplían los requisitos de multicolinealidad: 15 correlaciones bivariadas, tomando el índice rho de Spearman al .01 de significación, con valores inferiores a .85 (Kline, 2005) que aseguraba no existiesen problemas de redundancia. Los valores de contraste de esfericidad de Barlett (significación del .001) y el valor de KMO (.763), proporcionaban valores adecuados. Respecto al número de número factores a extraer (método componentes principales), se emplearon tres criterios: porcentaje de la varianza, contraste de caída y raíz latente. Los resultados indicaron que la extracción de tres factores explicaría el 65.918% de la varianza total, un valor satisfactorio para una investigación enmarcada en las Ciencias Sociales (Hair et al., 1999).

Las Tabla 3 y 4 representan los valores de las comunalidades y la matriz de componentes rotada (rotación Varimax). Para las comunalidades, estas deben estar situadas en el .50 (explicación de la mitad de la varianza de cada variable). Se acepta que están en el margen de lo razonablemente aceptable.

Tabla 3

Comunalidades

	Inicial	Extracción.
Concepto1	1.000	.819
Concepto2	1.000	.484
Procedimientos	1.000	.494
Hipótesis	1.000	.638
Informes	1.000	.726
Actitudes	1.000	.795

Tabla 4

Matriz de Componentes Rotados

	Componente		
	1	2	3
Concepto1	.128	.011	.896
Concepto2	.160	.435	.519
Procedimientos	.159	.570	.379
Hipótesis	.758	.225	.112
Informes	.839	.057	.138
Actitudes	.128	.882	-.034

Para algunos autores (Hair et al., 1999), la interpretación de cargas factoriales debe estar asociada a la potencia estadística y el tamaño muestral, así, se considera un valor admisible $\geq .30$ para que sea elegida una variable en un factor determinado para una muestra superior a 350 ($N = 2003$), estableciéndose un nivel de potencia del 80%, una significación de un .05 y los errores estándar supuestamente dos veces mayores que los coeficientes convencionales de correlación. Minimizando el número de cargas significativas sobre cada fila y la matriz de factores (Tabla 4), se encontró un primer factor con las variables *Hipótesis* e *Informes*, con alto valor explicativo; un segundo factor conformado por *Procedimientos* y *Actitudes*, aunque la primera variable también participa en el tercero; y un tercer factor con las variables *Concepto1* y *Concepto2*, si bien esta última participa en el segundo factor.

Una forma alternativa al AF exploratorio consiste en especificar un modelo de máxima correlación entre todas las parejas de nuestras varia-

Tabla 5

Matrices de Covarianzas

		PROC.	ACT.	INF.	CONC2.	CONC1.	HIP.
Covarianzas residuales	Procedimientos	-.002					
	Actitudes	-.008	.017				
	Informes	.025	-.014	-.002			
	Concepto2	-.005	.012	-.023	.008		
	Concepto1	.008	-.021	.002	.000	.001	
	Hipótesis	-.036	.030	-.014	.011	.005	.006
Covarianzas residuales estandarizadas	Procedimientos	-.077					
	Actitudes	-.570	.983				
	Informes	1.504	-.980	-.072			
	Concepto2	-.316	.816	-1.317	.342		
	Concepto1	.536	-1.567	.100	-.001	.058	
	Hipótesis	-2.220	2.100	-.813	.653	.297	.260

bles (Arbuckle, 2011). El análisis se realizó con el programa AMOS 20[®], mostrando correlaciones significativas ($p < .05$), entre todos los pares de variables, si bien el grado de significación es consistente con lo hallado en el AF exploratorio clásico, aunque empleando, esta vez, un modelo de ajuste basado en distribución libre asintótica (ADF, en inglés).

En la Tabla 5 se incluyen los valores de las matrices de covarianzas residuales (sin estandarizar y estandarizadas). No se hallaron valores superiores a 2.58 en valor absoluto, así que puede confiarse en que no existen discrepancias significativas.

Modelo de ecuaciones estructurales

El modelo estructural que se propone descansa en una serie de consideraciones teóricas (ver Figura 1). A

continuación, señalaremos las hipótesis iniciales:

- H₁: Los hallazgos encontrados en la literatura y los resultados del análisis exploratorio inicial hacen pensar que existen un conjunto de factores subyacentes a las variables exógenas (variables observadas). Se propone, por tanto, tres factores de primer orden o variables endógenas (variables no observadas): Factor Experiencial, Factor Conceptual y Factor Explicativo.
- H₂: En el modelo estructural propuesto existe un factor de tercer orden, denominado Factor Integrador, que intenta explicar todas las varianzas y covarianzas de los factores latentes de primer orden. Hay buenas razones teóricas para ello, dado el alto grado de covarianzas significativas entre todas las varia-

bles que se obtuvieron en el análisis exploratorio.

Los resultados del modelo A expresan que, aunque el modelo no se acepta (nivel de probabilidad .001 y una relación χ^2/gl de 4.746), se encuentra en unos términos que es susceptible de mejora.

El primer paso para tratar de fijar el modelo consistió en la evaluación mediante los índices de modificación y las diferencias entre las razones críticas de los parámetros (no se muestran en este trabajo). Ante los datos, se hizo coincidir las varianzas relacionadas con cada factor de primer orden (var_a) y las regresiones de los factores de segundo (path_a). Igualmente,

pareció plausible aceptar de entre todas las mejoras sugeridas, correlacionar los errores 2 y 6, por un lado y entre los errores 4 y 5, para huir de toda artificialidad. Para dar sentido a la primera, debe pensarse en qué hay detrás de la variable Procedimientos (en realidad 23 procedimientos científicos diferentes) y la variable hipótesis, pues sea lo que sea que midan ambos errores de medida, diferentes a lo que representa cada variable (Arbuckle, 2011), quedan vinculadas en las percepciones del alumnado, pues la emisión de hipótesis es el primer paso para la inmediata realización del trabajo práctico. Una lectura de algunas de las 23 afirmaciones que se agru-

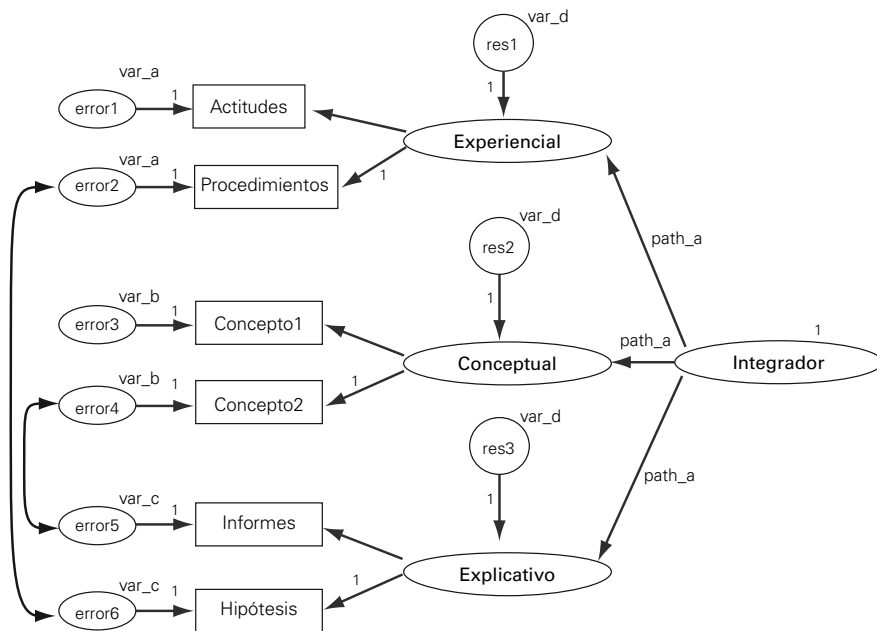


Figura 2. Diagrama conceptual del modelo B sobre investigación escolar.

pan bajo la variable Concepto2 («Entiendo los factores que influyen en el período de oscilación de un péndulo»; «Comprendo cómo se estira un muelle»; «Entiendo cómo se forma un fósil»; «Sé determinar el gasto calórico personal»;...), nos indican que, aunque implican conceptos, en la mayoría de los casos aluden a un comprensión global de la investigación y, por tanto, sus errores de medida tal vez quedan correlacionados a la variable Informe. La Figura 2 contiene el modelo B.

Los resultados iniciales del modelo B indican un nivel de probabilidad de .088 y una relación χ^2/gl de 1.61. A la luz de los resultados de la tabla precedente, la introducción de restricciones redundante en una mejora y fijación del modelo, puesto que el modelo B posee una probabilidad porcentual de 8.8%, superior al mínimo del 5% para que no sea rechazado. En la Tabla 6 se comparan los índices de bondad de ajuste entre los modelos A y B.

De la Tabla 6 se deduce que todos los índices de ajuste del modelo evolucionaron de forma positiva (Arbuckle, 2007; Hu y Bentler 1995; Jöreskog y Sörbom, 1993), lo cual proporciona validez a los resultados iniciales obtenidos y confirman que los datos se ajustan bien al modelo B y conduce a no rechazarlo. Así, el índice RMSEA muestra un valor inferior a .05 (.017) que indican que el modelo propuesto ajusta bastante bien los datos. El índice RMR (.013) evolucionó de forma positiva, así como los índices GFI, NFI, TLI y CFI, los cuales son superiores a .95. El ín-

Tabla 6

Resumen Comparativo de los Índices de Bondad de Ajuste de los Modelos A y B

	Modelo A	Modelo B
χ^2	28.476	17.737
gl (grados libertad)	6	11
χ^2/gl	4.746	1.612
Nivel de prob.	.000	.088
RMSEA	.043	.017
RMR	.016	.013
GFI	.994	.996
NFI	.938	.961
CFI	.949	.985
TLI	.873	.979
AIC	58.476	37.737
	.029	.019
ECVI	LO 90: .022	LO 90: .015
	HI 90: .039	HI 90: .026
	MECVI: .029	MECVI: .019

dice AIC (58.476) o enfoque Akaike muestra valores por debajo del modelo saturado (42.000), lo cual es un buen resultado. El índice ECVI (.029) está por debajo de los valores de los modelos independiente (.021) y saturado (.230).

A continuación, se exponen los resultados no estandarizados (Figura 3) y estandarizados (Figura 4) de forma visual para el modelo B.

El análisis de los efectos totales (directos e indirectos de unas variables sobre otras) arrojó, como hecho más destacable, que la influencia del factor INTEGRADOR es inferior en Actitudes que el resto de las variables.

En la Tabla 7 se consigna el valor de la fiabilidad compuesta (FC) y el de la varianza media extractada (VME), partiendo de los pesos factoriales y los errores de medida extraídos del AF

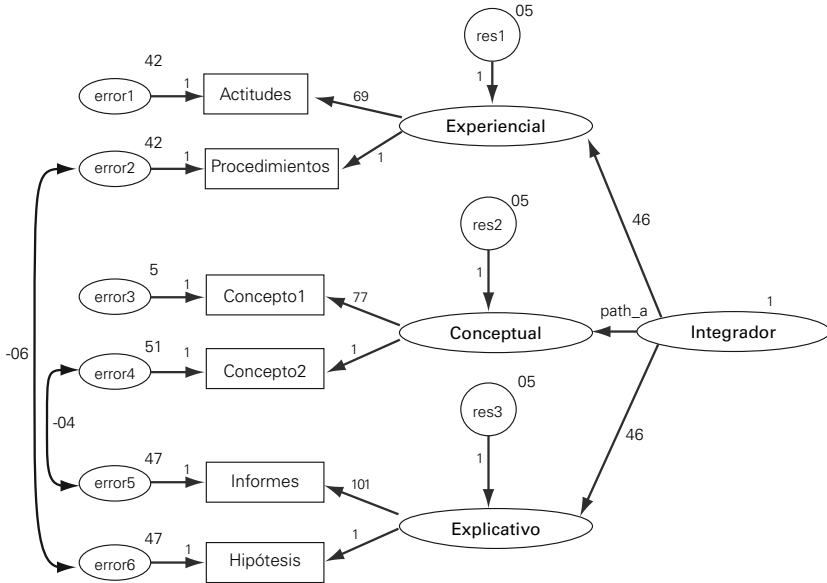


Figura 3. Resultados no estandarizados para el Modelo B (estimación ADF).

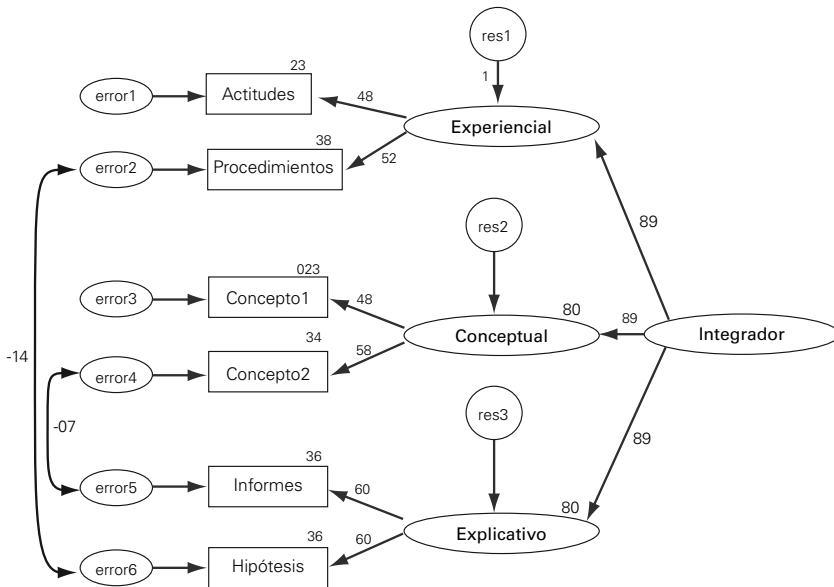


Figura 4. Resultados estandarizados para el Modelo B (estimación ADF).

Tabla 7

Cálculo de los Valores de FC y VME para la Fiabilidad y Validez del Instrumento de Medida

Variables latentes endógenas	Indicador (Y_i) variable endógena η_i	Varianza constructo λ_{ij}^y	$(\lambda_{ij}^y)^2$	Var ϵ_i	FC	VME
Factor Experiencial (η_1)	Actitud	.48	.23	.77	.47	.31
	Procedimiento	.62	.38	.62		
		$\Sigma \lambda_{ij}^y = 1.1$ $(\Sigma \lambda_{ij}^y)^2 = 1.21$	$\Sigma (\lambda_{ij}^y)^2 = .61$	$\Sigma \text{Var } \epsilon_i = 1.39$		
Factor Conceptual (η_2)	Conceptual1	.48	.23		.44	.29
	Conceptual2	.58	.24			
		$\Sigma \lambda_{ij}^y = 1.28$ $(\Sigma \lambda_{ij}^y)^2 = 1.44$	$\Sigma (\lambda_{ij}^y)^2 = .57$	$\Sigma \text{Var } \epsilon_i = 1.43$		
Factor Explicativo (η_3)	Informe	.60	.23		.53	.36
	Hipótesis	.60	.24			
		$\Sigma \lambda_{ij}^y = 1.43$ $(\Sigma \lambda_{ij}^y)^2 = 1.12$	$\Sigma (\lambda_{ij}^y)^2 = .72$	$\Sigma \text{Var } \epsilon_i = 1.28$		

Elaboración propia.

confirmatorio (ver Figura 4) para las variables latentes de primer orden. Indican valores por debajo de los recomendados de .7 y .5 para FC y VME, respectivamente, lo cual es una limitación sustancial, pero que posee su origen, con probabilidad plausible, en que todas las correlaciones bivariadas entre los variables observables fueron significativas (aunque el grado de significación coincide con lo apuntado por el AF exploratorio).

Discusión

La primera parte del trabajo estuvo básicamente orientado a la exploración empleando técnicas descriptivas y mul-

tivariantes (Pérez, 2006). La segunda parte a la formulación de un planteamiento teórico vinculado a la modelización SEM (Mateos-Aparicio, 2011).

Los hallazgos implican tres factores de primer orden para el conjunto de las variables observadas. En el Factor Experiencial se vinculan aspectos actitudinales generales del alumnado hacia la ciencia escolar en procesos de indagación, con todo el conjunto de procedimientos que caracteriza cada experiencia implementada (diseño experimental, validación, toma de datos, control de los valores, etc.). El término «experiencial» posee ese doble matiz en la R.A.E. (2014): Notar un sentimiento y/o hacer operaciones científicas. El profesorado debe ser

consciente de que las percepciones y comportamientos de sus discentes están muy influenciadas por sus propias expectativas (Hofstein y Lunetta, 2004). Como expresó Clough (2002), lo que un profesor hace con las actividades es más importante que las propias actividades. En este sentido, las actividades de diseño cuando se incrustan en un ciclo de indagación y reflexión pueden promover el desarrollo de habilidades científicas (Etkina et al., 2010) y una mejora de la comprensión conceptual de los estudiantes (Olympiou y Zacharia, 2012).

Por su parte, el Factor Conceptual alude al almacén teórico necesario para trabajar cada experiencia de investigación, partiendo de una estructura conceptual más o menos compleja que va a ser reestructurada con la experiencia. La reflexión sobre las dificultades de los conceptos, por parte del alumnado, permite la generación de conocimiento, pues tales dificultades son síntomas interesantes de obstáculos (Astolfi, 1999).

Por su parte, en el Factor Explicativo (variables percibidas como más problemáticas por el alumnado), se alude a la necesidad de «explicar» y poner a prueba nuestros conocimientos iniciales (hipótesis). La propia capacidad de emisión de hipótesis dentro de las etapas escolares no ha estado exenta de polémica, algunos defensores la creen necesaria desde edades tempranas (Gopnik, 2012; Sandoval et al., 2014), siendo la elaboración de la memoria de investigación un medio idóneo para tal fin, como ha puesto de manifiesto Reigosa (2007).

En la segunda hipótesis se propone un modelo estructural no rechazable que implica la existencia de un factor de tercer orden, denominado Factor Integrador de naturaleza reflectiva (Hoyle, 2011), sin embargo, se han impuesto restricciones a las varianzas y covarianzas que afectan a los errores y residuos. La complejidad del estudio, que analiza de forma transversal las percepciones del alumnado a través de 23 investigaciones diferentes, podría haber inducido estos resultados (Arbuckle, 2007). Representa, por tanto, una limitación seria, pero que deja la puerta abierta a trabajar un tópico concreto y comprobar cómo el modelo B se ajusta y qué cambios induce.

Otra limitación importante es el uso de grandes muestras para poder realizar una aproximación ADF a variables categóricas. Si se recurriese a una escala de valoración de cinco valores, tal vez suavizase las condiciones de normalidad, pudiéndose implementar una aproximación ML robusta Satorra-Bentler (Byrne, 2010) sin recurrir a grandes muestras.

Aunque el sexo no es una variable en el estudio, el sesgo femenino en la muestra universitaria es una limitación seria, por lo que sería interesante disponer de muestras futuras más equilibradas en el sexo. Otra limitación son los valores bajos de la FC y VME para el instrumento de medida del AF confirmatorio, una de cuyas causas puede ser las correlaciones significativas entre todas las variables observadas.

Un asunto importante en el estudio es el relativo a la potencia estadística o probabilidad de no cometer errores tipo β (Aron, Coups, y Aron, 2013). Los límites del RMSEA obtenidos para el modelo B (LO 90 = .00 y HI 90 = .032), junto a un valor de α de .05, la muestra de estudio ($N = 2033$) y los grados de libertad ($gl = 11$) fueron introducidos para su computación (Preacher y Coffman, 2006), arrojando un valor del 92.51%, un valor muy destacable. Queda siem-

pre la idea de que otro modelo equivalente ajustase mejor los datos, sin embargo, la ventaja del modelo propuesto descansa en años de investigación en DCE, lo que es un buen indicador de validez del modelo (West, Taylor, y Wu, 2012).

Por último, como perspectiva de futuro, se sabe que las emociones poseen un fuerte impacto en el alumnado (Sinatra, Broughton, y Lombardi, 2014). Sería interesante conocer qué papel podría desempeñar en el modelo.

Referencias

- Arbuckle, J. L. (2007). *Amos 16 user's guide*. Chicago: SPSS.
- Arbuckle, J. L. (2011). *IBM SPSS AMOS 20 user's guide*. Armonk. IBM Corporation.
- Aron, A., Coups, E. J., y Aron. E. N. (2013). *Statistics for psychology. 6th Edition*. New York: Pearson.
- Astolfi, J. P. (1999). *El error, un medio para enseñar*. Sevilla: Díada.
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., y Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education*, 95(6), 1049-1065. doi: 10.1002/sce.20462.
- Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with Amos: Basic concepts, applications, and programming. 2nd Edition*. New York: Taylor & Francis Group-Psychology Press.
- Campanario, J. M., y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 18(2), 155-169.
- Cheung, D. (2009). Developing a scale to measure students' attitudes toward chemistry lessons. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2185-2203. doi: 10.1080/09500690802189799
- Clough, M. P. (2002). Integrating the nature of science with student teaching: Rationale and strategies. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 197-208). New York (USA): Kluwer Academic Publishers.
- Cupani, M. (2012). Análisis de ecuaciones estructurales: Conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Revista Tesis*, 2(1), 186-199.
- DeCarlo, L. T. (1997). On the meaning and use of kurtosis. *Psychological Methods*, 2(3), 292-307.

- Estrada, M., Woodcock, A., Hernandez, P. R., y Schultz, P. (2011). Toward a model of social influence that explains minority student integration into the scientific community. *Journal of Educational Psychology, 103*(1), 206-222. doi: 10.1037/a0020743.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villaseñor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., y Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences, 19*(1), 54-98. doi: 10.1080/10508400903452876.
- European Commission (2007). *Science Education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: Office for Official Publications of the European Communities.
- García Díaz, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., y Brickman, P. (2007). Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(8), 1088-1107. doi: 10.1002/tea.20181.
- González, A., y Paoloni, P. (2015). Engagement and performance in physics: The role of class instructional strategies, and student's personal and situational interest. *Revista de Psicodidáctica, 20*(1), 25-45. doi: 10.1387/RevPsicodidact.11370.
- Gopnik, A. (2012). Scientific thinking in young children: Theoretical advances, empirical research, and policy implications. *Science, 337*, 1623-1624. doi: 10.1126/science.1223416.
- Graham, S., Berninger, V., y Fan, W. (2007). The structural relationship between writing attitude and writing achievement in first and third grade students. *Contemporary Educational Psychology, 32*(3), 516-536. doi: 10.1016/j.cedpsych.2007.01.002.
- Guisasola, J., Garmendia, M., Montero, A., y Barragués, J. I. (2012). Una propuesta de utilización de los resultados de la investigación didáctica en la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias, 30*(1), 61-72.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., y Black, W. (1999). *Análisis multivariante. 5.ª Edición*. Madrid: Prentice Hall.
- Hofstein, A., y Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88*(1), 28-54.
- Hoyle, R. H. (2011). *Structural equation modeling for social and personality psychology*. London: SAGE Publications Ltd.
- Jiménez, M. P., Bravo, B., y Puig, B. (2009). ¿Cómo aprende el alumnado a usar y evaluar pruebas? *Aula de Innovación Educativa, 186*, 10-12.
- Jöreskog, K. G., y Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. Chicago: Scientific Software International.
- Kline, R. B. (2005). *Principies and practice of structural equation modeling (2nd Ed.)*. New York: Guilford.
- Krajcik, J. S., y Sutherland, L. M. (2010). Supporting students in developing literacy in science. *Science, 328*, 456-459. doi: 10.1126/science.1182593.
- Kurbanoglu, N. İ., y Akim, A. (2010). The relationships between university students' chemistry laboratory anxiety, attitudes, and self-efficacy beliefs. *Australian Journal of Teacher Education, 35*(8). doi: 10.14221/ajte.2010v35n8.4.
- Lam, S. F., y Law, Y. K. (2007). The roles of instructional practices and motivation in writing performance. *The Jour-*

- nal of Experimental Education*, 75(2), 145-164. doi: 10.3200/JEXE.75.2.145-164.
- Lamb, R., Akmal, T., y Petrie, K. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 410-437. doi: 10.1002/tea.21200.
- Latorre, A., del Rincón, D., y Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Hurtado.
- Lavigne, G. L., Vallerand, R. J., y Miquelon, P. (2007). A motivational model of persistence in science education: A self-determination theory approach. *European Journal of Psychology of Education*, 22(3), 351-369. doi: 10.1007/BF03173432.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Linn, M. C. (2010). Teaching for conceptual change: Distinguish or extinguish ideas. En S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 694-722). New York: Taylor & Francis e-Library.
- Lin, T. J., y Tsai, C. C. (2013). An investigation of Taiwanese high school students' science learning self-efficacy in relation to their conceptions of learning science. *Research in Science & Technological Education*, 31(3), 308-323. doi: 10.1080/02635143.2013.841673.
- Mateos-Aparicio, G. (2011). Los modelos de ecuaciones estructurales: Una revisión histórica sobre sus orígenes y desarrollo. En J. M.^a Riobóo e I. Riobóo (Coord.), *Historia de la probabilidad y la estadística (V)* (pp. 289-301). Santiago de Compostela (España): A.H.E.P.E.
- Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908-937. doi: 10.1002/tea.20169.
- Nolen, S. B. (2003). Learning environment, motivation, and achievement in high school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 347-368. doi: 10.1002/tea.10080.
- Nugent, G., Barker, B., Welch, G., Grandgenett, N., Wu, C., y Nelson, C. (2015). A model of factors contributing to STEM learning and career orientation. *International Journal of Science Education* (ahead-of-print), 1-22. doi: 10.1080/09500693.2015.1017863.
- Olympiou, G., y Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47. doi: 10.1002/sce.20463.
- Östman, L., y Wickman, P. O. (2014). A pragmatic approach on epistemology, teaching, and learning. *Science Education*, 98(3), 375-382. doi: 10.1002/sce.21105.
- Oviedo, H. C., y Campo, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, XXXIV(4), 572-580.
- Palacios, A. Arias, V., y Arias, B. (2104). Las actitudes hacia las matemáticas: Construcción y validación de un instrumento para su medida. *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 67-91. doi: 10.1387/RevPsicodidact.8961.
- Phan, H. P. (2008). Achievement goals, the classroom environment, and reflective thinking: A conceptual framework. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 6(3), 571-602.
- Preacher, K. J., y Coffman, D. L. (2006, May). *Computing power and minimum sample size for RMSEA* [Computer software]. Recuperado de <http://quantpsy.org/rmsear/rmsear.htm>.

- Pérez, C. (2006). *Técnicas de análisis multivalente de datos. Aplicaciones con SPSS*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Pro, A. de (1998). ¿Se pueden enseñarse contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- R.A.E. (2014, 10 julio). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*.
- Reigosa, C. (2007). Influencia de una intervención educativa basada en la escritura de informes de investigación sobre el aprendizaje conceptual y la transferencia de conocimiento a la interpretación de situaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 267-276.
- Reigosa, C. (2012). Un estudio de caso sobre la comunicación entre estudiantes en el laboratorio escolar. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 98-119.
- Robinson, J. P., Shaver, P. R., y Wrightsman, L. S. (1991). Criteria for scale selection and evaluation. En J. P. Robinson, P. R. Shaver, y L. S. Wrightsman (Eds.), *Measures of personality and social psychological attitudes* (pp. 1-16). San Diego (California): Academic Press.
- Sandoval, W. A., Sodian, B., Koerber, S., y Wong, J. (2014). Developing children's early competencies to engage with science. *Educational Psychologist*, published on line 19 May 2014. doi: 10.1080/00461520.2014.917589.
- Shanahan, M. C., y Nieswandt, M. (2011). Science student role: Evidence of social structural norms specific to school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 367-395. doi: 10.1002/tea.20406.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education* (pp. 179-199). United Kingdom: Springer.
- Sinatra, G. M., Broughton, S. H., y Lombardi, D. (2014). Emotions in science education. En R. Pekrun y L. Linnenbrink-García (Eds.), *International handbook of emotions in education* (pp. 415-436). New York (USA): Routledge.
- Taasobshirazi, G., y Glynn, S. M. (2009). College students solving chemistry problems: A theoretical model of expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1070-1089. doi: 10.1002/tea.20301.
- Tenreiro-Viero, C., y Marques, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 452-466.
- Uzuntiryaki, E., y Aydın, Y. Ç. (2009). Development and validation of chemistry self-efficacy scale for college students. *Research in Science Education*, 39(4), 539-551. doi: 10.1007/s11165-008-9093-x.
- Vázquez-Alonso, A., y Manassero-Mas, M. A. (2011). El descenso de las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas en la educación obligatoria. *Ciência & Educação*, 17(2), 249-268.
- West, S. G., Taylor, A. B., y Wu, W. (2012). Model fit and model selection in structural equation modeling. En R. H. Hoyle (Ed.), *Handbook of structural equation modeling* (pp. 209-222). New York: Guilford Publications.
- Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. doi: 10.1002/sce.20259.

Bartolomé Vázquez-Bernal, Profesor Asociado de la UHU. Su campo e interés de investigación se centra en la Formación y Desarrollo Profesional del Profesorado de Ciencias Experimentales, la importancia de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la Formación del Profesorado, la influencia de la Metacognición y las Emociones en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje de la Ciencias Experimentales, sobre los que ha publicado diversos trabajos (Science Education, Revista Eureka de EDC, Enseñanza de las Ciencias...).

Roque Jiménez-Pérez, CU honorario de la UHU. Sus líneas de investigación son la Formación y Desarrollo Profesional del Profesorado de Ciencias Experimentales, Didáctica del Patrimonio Científico-Tecnológico y las Emociones en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje de la Ciencias Experimentales. Cuenta con más de un centenar de trabajos científicos publicados (Science Education, Science & Education, Revista de Educación, Enseñanza de las Ciencias, etc.).

Fecha de recepción: 05-10-2014

Fecha de revisión: 12-04-2015

Fecha de aceptación: 08-07-2015

Anexo I

Cuadro de Distribución de Preguntas de Investigación y Cuestionarios

Preguntas de Investigación	Distribución de cuestionarios N = 2033 (%)
1. ¿Qué factores influyen el período de oscilación de un péndulo?	211 (10.4%)
2. ¿Qué factores influyen en el alargamiento de un muelle?	175 (8.6%)
3. ¿Cómo distinguimos las sustancias ácidas de las básicas?	61 (3%)
4. ¿Qué clase de sustancias es la tinta de nuestros bolígrafos?	269 (13.2%)
5. ¿Cuál es nuestro gasto calórico diario?	280 (13.8%)
6. ¿Seguimos una dieta equilibrada?	281 (13.8%)
7. ¿Qué influye en la solubilidad de las sales?	28 (1.4%)
8. ¿Cómo se forma una roca sedimentaria?	39 (1.9%)
9. ¿Podemos simular la formación de un fósil?	91 (4.5%)
10. ¿Qué debemos saber acerca de la preparación de disoluciones de un sólido en líquidos?	23 (1.1%)
11. ¿Qué debemos saber acerca de la preparación de disoluciones de un líquido impuro en otro líquido?	24 (1.2%)
12. ¿Cómo se neutralizan un ácido y una base?	22 (1.1%)
13. ¿Cómo se comportan los sensores LDR ante la luz?	12 (.6%)
14. ¿Dónde comienza la digestión de los alimentos?	26 (1.3%)
15. ¿Cómo detectar fraude alimenticio?	25 (1.2%)
16. ¿Tienen las plantas la misma composición acuosa?	178 (8.8%)
17. ¿Existe relación entre las fases lunares y las mareas?	96 (4.8%)
18. ¿Podemos convertir trabajo mecánico en calor?	25 (1.2%)
19. ¿Cuáles son los principales pigmentos de las plantas y sus funciones?	80 (3.9%)
20. ¿Se puede simular un circuito digital?	7 (.3%)
21. ¿Qué comportamiento posee un diodo semiconductor?	30 (1.5%)
22. ¿Podemos utilizar un circuito R-C como temporizador?	9 (.4%)
23. ¿Hay relación entre Tiempo atmosférico y contaminación?	41 (2%)