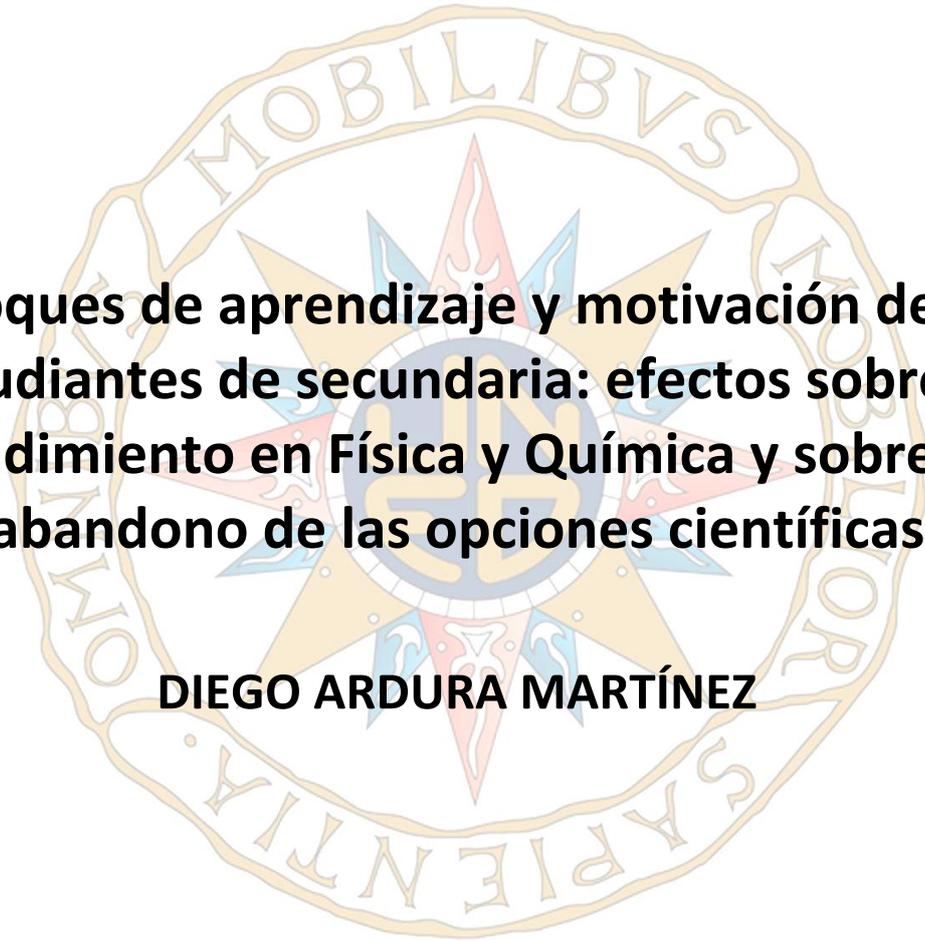


RESUMEN TESIS DOCTORAL

2020



**Enfoques de aprendizaje y motivación de los
estudiantes de secundaria: efectos sobre el
rendimiento en Física y Química y sobre el
abandono de las opciones científicas**

DIEGO ARDURA MARTÍNEZ

PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN

DIRECTOR: Dr. ARTURO GALÁN GONZÁLEZ

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. El rendimiento en Física y Química de los estudiantes de secundaria	4
1.2. El abandono de la asignatura de Física y Química en secundaria	5
1.3. Causas del abandono de la asignatura de Física y Química	8
1.3.1. Factores extrínsecos	8
1.3.2. Factores intrínsecos	10
1.4. La motivación hacia la ciencia	12
1.4.1. Teorías contemporáneas de la motivación	13
1.4.2. Principales rasgos de la motivación hacia la ciencia	15
1.5. Medidas de la motivación hacia la ciencia	16
1.6. Motivación hacia la ciencia y rendimiento académico	17
1.7. Motivación hacia la ciencia y abandono de las opciones científicas	19
1.8. Enfoques de aprendizaje, rendimiento y abandono de las opciones científicas	20
1.8.1. Los enfoques de aprendizaje de los estudiantes	20
1.8.2. Enfoques de aprendizaje y rendimiento académico	21
1.8.3. Enfoques de aprendizaje y abandono	22
2. OBJETIVOS	23
3. MÉTODO	27
3.1. Diseño y métodos de investigación	29
3.2. Muestreo	30
3.3. Instrumentos de recogida de información y variables	30
3.3.1. Validez y fiabilidad de los instrumentos de medida	30
3.3.2. Descripción de los instrumentos y las variables	31
3.4. Planificación de los análisis	34
3.4.1. Primer estudio empírico (Ardura & Pérez-Bitrián, 2018)	34
3.4.2. Segundo estudio empírico (Ardura & Pérez-Bitrián, 2019)	35
3.4.4. Tercer estudio empírico (Ardura et al., 2020)	35
3.4.3. Cuarto estudio empírico (Ardura & Galán, 2019)	35
4. PRINCIPALES RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Traducción, adaptación y validación del Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia	40
4.2. El papel de la motivación en la elección de Física y Química	41
4.2.1. Rasgos de la motivación hacia la Física y Química en estudiantes de secundaria	41
4.2.2. Efecto de la motivación en la elección de Física y Química como asignatura optativa	43
4.2.3. Perfiles motivacionales en función de la elección de los estudiantes	44

4.2.4. Atribuciones causales sobre la elección y motivación hacia la Física y Química	47
4.3. Efecto de los enfoques de aprendizaje en el rendimiento	52
4.3.1. Enfoques de aprendizaje en estudiantes de secundaria	52
4.3.2. Efectos de los enfoques de aprendizaje en el rendimiento en Física y Química	52
4.3.3. El papel de la autoeficacia	54
4.4. Efectos del sexo	54
4.4.1. Efecto del sexo en el rendimiento	54
4.4.2. Efecto del sexo en la motivación	55
4.4.3. Efecto del sexo en los enfoques de aprendizaje	56
5. CONCLUSIONS AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS	58
6. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA	67
7. REFERENCIAS	71

1. INTRODUCCIÓN

El éxito académico de los estudiantes es una meta prioritaria de los sistemas educativos y, como tal, supone un objetivo fundamental para los diferentes agentes implicados. Una de las medidas de éxito o fracaso, más comúnmente utilizadas, es el rendimiento académico. La definición de este concepto multifacético presenta una gran complejidad ya que dependerá de los indicadores previamente establecidos y estos, a su vez, de la propia orientación que se le dé al llamado proceso de enseñanza-aprendizaje (Fajardo Bullón et al., 2017). En líneas generales, según Steinmayr, Meißner, Weidinger y Wirthwein (2014), el rendimiento académico vendría dado por los resultados que indican hasta qué punto una persona ha logrado alcanzar unas metas determinadas en un entorno educativo.

La investigación que se presenta en esta tesis doctoral se ha llevado a cabo en el contexto de la educación secundaria y, más concretamente, en el de la asignatura de Física y Química. El trabajo se ha centrado en **dos aspectos** complementarios que han llamado la atención del profesorado y la comunidad científica en las últimas décadas. En primer lugar, se ha estudiado **el rendimiento académico** de estudiantes de educación secundaria buscando profundizar en el papel de los diferentes rasgos motivacionales y los enfoques de aprendizaje de los mismos en su desempeño. La segunda línea de investigación que se sigue en esta tesis, se centra en investigar el **efecto de la motivación, el rendimiento académico y las atribuciones causales de los estudiantes sobre su elección en el abandono de las opciones científicas** en secundaria cuando pasan de ser obligatorias a optativas.

El trabajo se organizará de la siguiente forma: en este mismo apartado se presenta una introducción donde se planteará, a grandes rasgos, el marco teórico de la investigación y el estado de la cuestión. A continuación, se describirán los objetivos del trabajo. En un tercer apartado, se incluirá una breve descripción general del marco metodológico en el que se sitúan los diferentes estudios abordados en esta tesis, así como la planificación de los análisis llevados a cabo en cada estudio. En el apartado de compendio de publicaciones se recogen los cuatro artículos derivados de la tesis doctoral. A continuación, se presentarán los resultados más relevantes de la investigación y, finalmente, las conclusiones e implicaciones educativas, las limitaciones y una prospectiva de investigación.

1.1. El rendimiento en Física y Química de los estudiantes de secundaria

El rápido desarrollo científico y tecnológico que está teniendo lugar en las últimas décadas, ha generado la necesidad de impulsar, más que nunca, la alfabetización científica de los ciudadanos (Avargil et al., 2020; Moore & Burrus, 2019; Smith & White, 2019). La consolidación de una buena base en la cultura científica de las personas les permitirá comprender los avances en ese campo y ser capaces de emplear el pensamiento crítico en la toma de decisiones en cuestiones relacionadas con él (Blanco-López et al., 2015; Holbrook & Rannikmae, 2009; OECD, 2016; Osborne, 2014). Por estas razones, la formación científica de los estudiantes de todos los niveles educativos y, especialmente, de los de educación primaria y secundaria, se ha convertido en un centro de interés tanto para el profesorado como para los investigadores educativos a nivel global (Rocard et al., 2007).

Desde hace más de dos décadas, el nivel académico de los estudiantes de secundaria de nuestro país, en las áreas científicas, ha llamado la atención de las Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ) (RSEQ, 2006). La principal razón es que existen algunos indicios de que las competencias científicas de nuestros estudiantes no son acordes con las de sus iguales de otros países de nuestro entorno. Por ejemplo, los resultados de los estudiantes españoles en pruebas de carácter internacional, como pueden ser las olimpiadas de Física y de Química, muestran carencias importantes en su formación científica en comparación con sus pares de otros países (RSEQ, 2006). Paralelamente, los resultados de las pruebas PISA parecen respaldar esta tendencia ya que, aunque el nivel medio en ciencias se sitúa, habitualmente, en torno al promedio europeo, el porcentaje de alumnado con rendimiento excelente se mantiene constante en los últimos años y por debajo de la media del continente (López-Martín et al., 2018).

Esta preocupación generalizada por la enseñanza de la ciencia, ha llevado a una búsqueda, relativamente intensa, de nuevas metodologías para facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las disciplinas científicas, acompañada de la correspondiente evaluación de su eficacia (Wieman, 2014). Paralelamente, durante las últimas décadas, el estudio de las variables que afectan al rendimiento académico ha suscitado el interés de muchos investigadores (Steinmayr et al., 2014). Entre ellas, han resultado relevantes las características contextuales y escolares, por un lado, y los factores propios del

individuo, por otro. Entre estos últimos, se establece tradicionalmente una clasificación en dos grandes grupos: los **factores cognitivos** y los **no cognitivos**. Los primeros se refieren a las capacidades o aptitudes propias de los estudiantes como, por ejemplo, sus habilidades matemáticas (Cooper & Pearson, 2012; Scott, 2012; Villafañe & Lewis, 2016; Xu et al., 2013), su capacidad de razonamiento científico o sus conocimientos previos (Gill & Bell, 2013; Stokking, 2000; Vahedi & Yari, 2014). Por su parte, los **factores no cognitivos**, están relacionados con cuestiones como el autoconcepto (Britner, 2008; Chan & Bauer, 2014; Lewis et al., 2009), las actitudes (Awodun et al., 2014; Villafañe & Lewis, 2016; Xu & Lewis, 2011) o la motivación hacia la ciencia y sus distintos rasgos (González et al., 2017; Ramnarain & Ramaila, 2018; Villafañe et al., 2016), entre otros.

Los efectos del **sexo** en el rendimiento académico también se han estudiado con profundidad. En general se ha observado que las mujeres tienden a rendir mejor que los hombres (Eddy & Brownell, 2016; Turner & Lindsay, 2003). Ya que se ha demostrado que no existen diferencias en las capacidades cognitivas de ambos sexos (Halpern, 2000), distintos estudios han explorado el posible efecto de las variables no cognitivas. Estos trabajos han encontrado diferencias según el sexo en cuestiones como el valor percibido de la utilidad de la ciencia (Acar et al., 2015) o en la motivación al logro (Fischer et al., 2013).

1.2. El abandono de la asignatura de Física y Química en secundaria

Como se comentó en el apartado anterior, la alfabetización científica se considera clave para la educación de las futuras generaciones. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha observado un descenso generalizado, a nivel mundial, del número de estudiantes que optan por una carrera científica (Bøe et al., 2011; Lyons, 2006). Este hecho ha llamado la atención tanto de profesores como de investigadores y se ha manifestado tanto a nivel universitario (Oon & Subramaniam, 2010; Ulriksen et al., 2010), como en educación secundaria (Bennett et al., 2013; Smyth & Hannan, 2006; Solbes, 2011; Solbes et al., 2007). Teniendo esto en cuenta, el informe Rocard (2007) describe cómo este problema afecta a la Unión Europea y sugiere un conjunto de medidas para incrementar el interés y la motivación de los estudiantes hacia la ciencia.

Se puede afirmar que, en el sistema educativo español, el punto de partida del abandono de las opciones científicas se produce justo en el momento en el que la asignatura de Física y Química pasa de ser obligatoria a optativa, ya que, la elección que el estudiante haga, definirá su futura trayectoria formativa (Solbes, 2011). Esta asignatura se ha designado como optativa en 4º de ESO desde la entrada en vigor de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) (LOGSE, 1990) y hasta nuestros días (LOMCE, 2013). En comparación con la Ley General de Educación (LGE) (LGE, 1970) aplicada hasta entonces, el carácter optativo de la asignatura se adelanta un curso (de 2º de BUP en la antigua LGE, a 3º de ESO en la LOMCE). Por tanto, la presente legislación obliga al alumnado a tomar la decisión de seguir cursando las opciones científicas o abandonarlas en un momento de menor desarrollo madurativo que la legislación educativa anterior. Esta política se ha cuestionado desde la RSEQ (2006) y, en esa misma línea crítica, la RSEF (2018) urge a los centros educativos a llevar a cabo una orientación específica del alumnado de cara a “favorecer la continuidad con los estudios posteriores” (p.5).

Desafortunadamente, no se ha podido acceder a datos, a nivel estatal, sobre el porcentaje de estudiantes que abandonan la asignatura de Física y Química en España cuando se convierte en una asignatura optativa. Sin embargo, en el caso de la comunidad autónoma del Principado de Asturias, se publica anualmente una memoria de la que se puede extraer este dato, comparando el número de estudiantes evaluados en la asignatura con el número total de estudiantes evaluados en cada curso (Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias, 2019). Si se presta atención a la cohorte de estudiantes de secundaria que se graduaron en 2018, se puede observar una tendencia de los mismos a optar por vías de finalización de sus estudios que mayoritariamente se orientan hacia el abandono de las opciones científico-tecnológicas. Como se desprende de los datos recogidos en la Tabla 1, el porcentaje de estudiantes que no cursan las asignaturas de Física y Química se incrementa a medida que superan los diferentes cursos. Por ejemplo, en 2º de Bachillerato, donde ambas asignaturas ya se imparten por separado, tan solo un 24.8% de los estudiantes cursan la asignatura de Física y un 34.0% la de Química del total de estudiantes de ese curso.

Tabla 1

Porcentaje de estudiantes de secundaria que abandonan las asignaturas de Física y Química en la cohorte de estudiantes que se graduó en 2018 en el Principado de Asturias

Curso	Total	Cursan	Porcentaje
4º ESO [2015-2016]	7510	4125	45.1%
1º Bachillerato [2016-2017]	5973	3155	47.2%
2º Bachillerato [2017-2018]	5457	Física: 1353	75.2%
		Química: 1854	66.0%

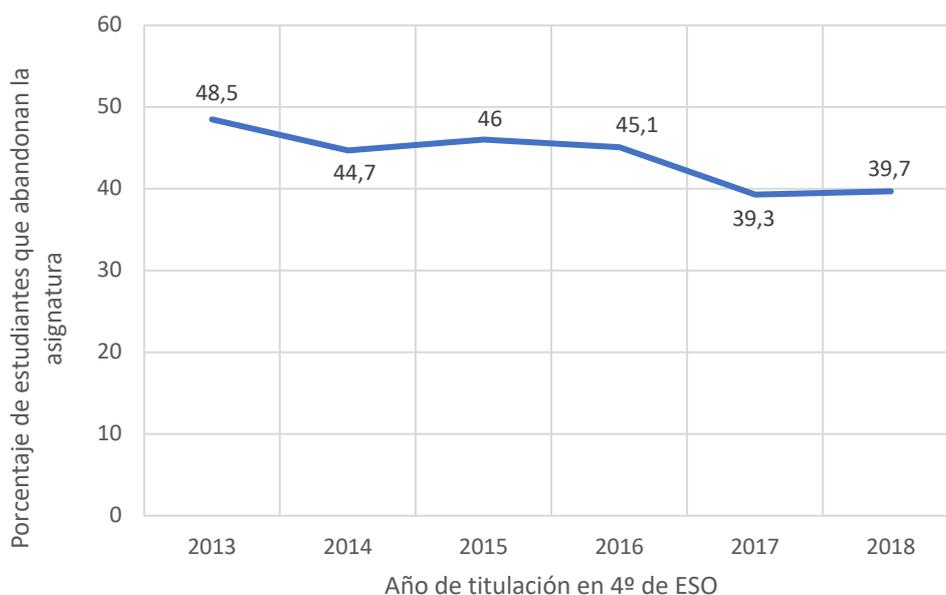
Nota: Total: número total de estudiantes evaluados en 4º de ESO ese curso; Cursan: número de estudiantes que cursan la asignatura; Porcentaje: porcentaje de estudiantes que cursan la asignatura.

Adaptación de Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias (2019)

Para analizar, en particular, el caso del abandono de Física y Química cuando se convierte por primera vez en una asignatura optativa, en la Figura 1, se presentan los porcentajes de estudiantes que optaron por no cursar esta materia en la transición de en 4º de ESO en los últimos seis años o que la abandonaron una vez iniciado el curso.

Figura 1

Porcentaje de estudiantes que abandonan Física y Química cuando se hace optativa



Fuente: Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias (2019)

Como se puede apreciar en la Figura 1, aunque existe una cierta tendencia a la baja, este porcentaje de estudiantes se sitúa en torno al 40% en los últimos años. Este primer momento en que la asignatura se vuelve optativa es particularmente importante pues la decisión de los estudiantes suele ser irreversible: una vez que deciden abandonar Física y Química en 4º de ESO, lo más probable es que abandonen para siempre las opciones científicas en su futura trayectoria escolar.

1.3. Causas del abandono de la asignatura de Física y Química

El abandono de las opciones científicas en secundaria y, en particular, de las asignaturas de Física y Química constituye un campo de investigación incipiente en los últimos años. Esta línea de investigación ha aportado una información muy valiosa que se añade a la ya existente a nivel universitario (Cerinsek et al., 2013).

Los estudios previos sobre el tema muestran un complejo mapa de variables que busca entender las razones por las que los estudiantes se decantan por continuar, o no, con una opción de ciencias naturales en su currículo. Para aumentar más la complejidad del problema, alguna investigación reciente ha demostrado que la elección de los estudiantes puede venir condicionada, no solo por las variables mencionadas anteriormente, sino también por las posibles interacciones entre ellas (Bennett et al., 2013). Los factores que afectan a la decisión de los estudiantes se pueden dividir, en líneas generales, en *extrínsecos*, que están relacionados con el entorno en el que se toma dicha decisión e *intrínsecos*, que se refieren a sus características individuales. A continuación, se presentan los principales hallazgos de estas investigaciones previas.

1.3.1. Factores extrínsecos

A. El estatus socioeconómico y el nivel educativo de las familias

En un trabajo reciente Mujtaba, Sheldrake, Reiss & Simon (2018) encontraron que un nivel socioeconómico bajo puede afectar a la motivación extrínseca que, a su vez, podría llevar a unas menores aspiraciones en lo referente a cursar opciones científicas en estudios posteriores. Este trabajo respalda algunos estudios anteriores en los que se demostró que, tanto el nivel socioeconómico de la familia del estudiante como el de la escuela, tiene un importante efecto en las probabilidades de que los estudiantes elijan

asignaturas relacionadas con las ciencias naturales (Anderhag et al., 2013; Smith & Gorard, 2011). Paralelamente, se ha constatado que los estudiantes de extracción social más baja y que provienen de familias cuya lengua materna no es la del país de residencia, también presentan cierta tendencia al abandono de las opciones científicas (Ainley et al., 2008). Por otro lado, no existe un total acuerdo en cuanto al efecto de las familias. Algunos estudios han revelado que aquellos estudiantes cuyos padres y madres tienen estudios superiores, tienden a optar por continuar con sus estudios en las modalidades de ciencias (Anderhag et al., 2013; Harackiewicz et al., 2012). Sin embargo, Stokking (2000) concluyó que no parece existir una relación entre estas dos cuestiones.

B. Los centros educativos y el profesorado

También se ha abordado el estudio de variables relacionadas con centros educativos y los docentes. En esta línea, se han investigado aspectos tan dispares como la conveniencia del horario escolar asociado a la asignatura y el nivel de información a disposición de los estudiantes para tomar las decisiones sobre su futuro. Por ejemplo, Palmer, Burke y Aubusson (2017) encontraron que los estudiantes se ven más influenciados por su interés, habilidad o el propio disfrute de la asignatura que por los consejos de sus profesores, sus familias o incluso sus compañeros. Por otro lado, el hecho de incorporar cambios para favorecer la alfabetización científica no tiene una consecuencia en las futuras opciones de los estudiantes (Homer & Ryder, 2015). Finalmente, la presencia en el currículo de **actividades prácticas de laboratorio**, centradas en el estudiante y relacionadas con su vida diaria han demostrado ser relevantes en el hecho de que los estudiantes decidan continuar con una opción científica en sus siguientes etapas académicas (Broman & Simon, 2015).

El **papel del profesorado y su modelo didáctico** también se ha explorado, concluyendo que tiene un gran efecto en las decisiones de los estudiantes sobre continuar o no en una opción científica (Shirazi, 2017). Por ejemplo, aquellos docentes capaces de conectar los contenidos de estas asignaturas con la vida del estudiante provocan una mayor tendencia en los mismos por continuar sus estudios en el campo de las ciencias naturales o la ingeniería (Palmer et al., 2017; Sheldrake et al., 2017). Si bien el dominio que el profesorado muestra de la asignatura es importante para los estudiantes, parece que otras **cuestiones de índole más personal** como pueden ser su

capacidad de empatizar con el alumnado, son más trascendentes a la hora de promocionar las opciones científicas entre los estudiantes (Palmer et al., 2017; Shirazi, 2017).

1.3.2. Factores intrínsecos

A. El rendimiento académico previo en el área. Como es lógico, el éxito académico en una disciplina está relacionado con la habilidad de las personas para encarar el aprendizaje. En este sentido, el conocimiento previo en la materia resulta fundamental para adquirir nuevas competencias ya que, durante el aprendizaje se modificará la estructura del mismo (Reif, 2008). Por consiguiente, el rendimiento previo de los estudiantes en las asignaturas científicas es una variable importante a la hora de explicar, no solo su nivel de éxito actual, sino también la retención de los mismos en este campo. En esta línea, Gill & Bell (2013) demostraron que las notas obtenidas por los estudiantes en Física son un buen predictor de sus futuras elecciones. Por otro lado, Anderhag, Emanuelsson, Wickman, & Hamza (2013) encontraron que las calificaciones de los estudiantes en las asignaturas científicas tienen mayor importancia a la hora de continuar sus estudios en esta rama de conocimiento que el rendimiento escolar general. Además, es frecuente que, tanto las familias como el profesorado, animen aquellos estudiantes que tienen éxito en las asignaturas científicas a continuar la misma opción (Smith & Gorard, 2011). Por otro lado, un buen desempeño en asignatura provoca que se genere, en los estudiantes, un mayor interés por la disciplina, aumentando, a su vez, su autoeficacia lo que podría contribuir a que permanezcan en las opciones científicas (Bandura, 2006). Por último, conviene mencionar que un buen rendimiento de los estudiantes en las asignaturas relacionadas con las ciencias naturales se ha vinculado con una mayor implicación en actividades extraescolares relacionadas con la ciencia (Simpkins et al., 2006). La participación en este tipo de actividades, pueden ser, en algunos casos, una variable mediadora entre el rendimiento académico en ciencias y la inclinación de los estudiantes a cursar asignaturas de este ámbito en el futuro (Cerinsek et al., 2013).

B. La dificultad percibida de la asignatura. Tanto la Física como la Química están entre las asignaturas que mayor dificultad ofrecen a los estudiantes no solo a nivel

internacional (Bøe et al., 2011; Cleaves, 2005) sino también en España (Solbes, 2011). Además, existen evidencias de que esta valoración que hacen tiene un efecto en sus futuras decisiones sobre matricularse en asignaturas relacionadas con estas disciplinas en cursos sucesivos (Shirazi, 2017; Stokking, 2000). Por ejemplo, Smyth & Hannan (2006) detectaron una mayor probabilidad de abandono de la asignatura cuando los estudiantes perciben la ciencia como una rama de conocimiento compleja.

C. Efectos del sexo. El efecto del sexo en la cuestión del abandono de las opciones científicas ha sido objeto de interés en numerosas investigaciones previas. Aunque algunas no encuentran diferencias significativas (Sheldrake et al., 2017; Stokking, 2000), otras sí lo hacen. En particular se ha observado que la tasa de elección de las asignaturas científicas según el sexo, depende, en gran medida, de cada disciplina. Por ejemplo, Jacobs (2005) comprobó que las chicas de secundaria tienden a elegir asignaturas relacionadas con las ciencias de la salud, mientras que los chicos se decantan más por disciplinas como la Física o las Matemáticas. Algunas investigaciones defienden explicaciones de este hecho que se fundamentan en aspectos no cognitivos. Por ejemplo, se ha observado una tendencia general a que las actitudes de las mujeres hacia la ciencia sean menos favorables que las de los hombres (Brotman & Moore, 2008). También se ha acudido a diferencias en los rasgos motivacionales para explicar este comportamiento según el sexo (Cheryan et al., 2017; Jacobs, 2005).

D. Actitudes, interés y motivación hacia la ciencia. Las actitudes de los estudiantes hacia los diferentes aspectos de la ciencia son también importantes a la hora de explicar el descenso en las vocaciones científicas (Osborne et al., 2003). Aunque la visión de los estudiantes de secundaria sobre los científicos es positiva, se ha detectado un descenso en el interés por la ciencia en las sociedades occidentales en las últimas décadas (Tytler & Osborne, 2012). Paralelamente, y a pesar de que estos estudios han demostrado que las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia afectan sus futuras elecciones, un interesante trabajo de DeWitt, Archer y Osborne (2014) ha sugerido que, cuando comienzan su educación secundaria, las actitudes positivas de los estudiantes y su interés por una futura profesión en este campo no están relacionados.

Por otro lado, el desarrollo del interés hacia la ciencia está fuertemente vinculado con una elección futura de opciones relacionadas con ella (Elsworth et al., 1999). En la última parte de la adolescencia, los estudiantes tienden a formar sus intereses más duraderos en aquellas actividades en las que se perciben competentes y de las que esperan algún tipo de rendimiento futuro (Palmer et al., 2017). El interés y la diversión están relacionados entre sí y, a su vez, la relación de ambos con la elección futura de opciones científicas es compleja (Broman & Simon, 2015).

Una de las variables no cognitivas más estudiadas en relación con el problema que nos ocupa este trabajo es la motivación. Existen numerosos estudios recientes que han relacionado los niveles motivacionales con las intenciones de los estudiantes sobre continuar o no con sus estudios en el campo de las ciencias naturales (Aeschlimann et al., 2016; Cerinsek et al., 2013; Salta et al., 2012; Shedlosky-Shoemaker & Fautch, 2015; Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2015). Paralelamente a los estudios de motivación hacia la ciencia, se han publicado trabajos que demuestran su relación con los enfoques de aprendizaje los estudiantes (Chiou et al., 2013; Chiou & Liang, 2012). Debido a la gran importancia de estos dos últimos constructos, en la presente tesis, se dedicarán los siguientes apartados de la introducción a resumir los principales hallazgos de investigaciones anteriores, en lo referente a sus efectos sobre rendimiento académico en ciencias y sobre el abandono o la persistencia en estas opciones.

1.4. La motivación hacia la ciencia

La palabra motivación proviene del verbo latino *movere* (moverse). Por tanto, ya desde la etimología, este término lleva implícita la idea de movimiento, presuponiendo que algo nos mueve y nos conduce a completar una tarea (Pintrich & Schunk, 2006). En la actualidad, existe un consenso en definir la motivación académica como “el conjunto de procesos implicados en el inicio, dirección y mantenimiento de la conducta” (Suárez & Fernández, 2004, p. 96). Por tanto, nos estamos refiriendo a la activación de la misma y a la persistencia necesaria para alcanzar el objetivo previamente fijado.

1.4.1. Teorías contemporáneas de la motivación

Existen numerosas teorías en el cuerpo de conocimientos de la psicología que buscan explicar el componente motivacional del aprendizaje. Estas teorías deben entenderse como complementarias y de ellas surgen rasgos motivacionales que, en ocasiones, se pueden referir a los mismos constructos. En una revisión reciente, Cook y Artino (2016) seleccionaron cinco teorías contemporáneas sobre la motivación hacia aprendizaje que se describen muy brevemente a continuación.

El **modelo de expectativa-valor de motivación al logro** (Wigfield & Eccles, 2000) defiende que la conducta de logro del objetivo es “el resultado del conflicto emocional producido en el individuo entre la búsqueda del éxito y la evitación del fracaso” (Suárez & Fernández, 2004, p. 99). El modelo propone que existen dos factores clave que condicionan el comportamiento: las expectativas de éxito y el valor de la tarea que, junto a las creencias del individuo sobre su propia habilidad, constituyen los tres condicionantes motivacionales del logro (Wigfield & Eccles, 2000). En el contexto escolar se ha podido demostrar empíricamente que estas tres características tienen un efecto sobre los resultados de aprendizaje (Eccles & Wigfield, 2002; Wigfield & Eccles, 2000).

Un segundo modelo muy utilizado para explicar la motivación es la **teoría de la atribución de logro** de Weiner (1985). Esta teoría se basa en que las atribuciones que hace el individuo sobre su éxito o fracaso estarán relacionadas con el modo en que se enfrenta a las nuevas tareas. Las causas que constituyen las atribuciones se pueden caracterizar por tres dimensiones: interna o externa, estable o inestable y controlable no controlable. Por ejemplo, si un estudiante atribuye su fracaso a la mala suerte, estaríamos ante una atribución externa, inestable e incontrolable. Como es lógico, la atribución que hace tendrá un efecto en una situación futura. Por ejemplo, cuando el estudiante hace una atribución de fracaso a una característica controlable como puede ser la falta de esfuerzo, la motivación hacia una nueva tarea similar será mayor que si percibe la causa de su anterior fracaso como algo incontrolable, como puede ser la dificultad de la tarea o a su falta de capacidad (Rotter, 1966).

Algunos modelos sobre motivación sugieren que las metas son elementos reguladores de conductas futuras y, por tanto, éstas se proponen como representaciones motivacionales (Elliot & Church, 1997). Dentro de estos modelos es especialmente relevante la **teoría de orientación a meta** (Dweck & Elliot, 1983). Esta

teoría propone que los estudiantes pueden adoptar dos orientaciones a meta diferentes: la orientación a metas de ejecución (centrada en la demostración de las habilidades con respecto otros estudiantes) y la orientación a metas de dominio (centrada en el aprendizaje) (Elliot, 1997). Los estudiantes con orientación a metas de ejecución perciben sus capacidades como características no mejorables. Estos estudiantes piensan que la inteligencia o la habilidad son rasgos estables que, por tanto, no se pueden cambiar. Este tipo de aprendices buscan el éxito académico como una manifestación de sus capacidades y esto les anima a seguir con el estudio. Así, tareas sencillas que requieren poco esfuerzo les hacen sentir más capaces, mientras que aquellas otras que son intrínsecamente más complejas les hacen sentir menos capaces y tienden a abandonarlas. Sin embargo, los aprendices con orientación a metas de dominio, parten de la creencia de que sus capacidades pueden evolucionar, por lo que buscan oportunidades de aprendizaje que les permitan mejorar a través de tareas que les supongan un reto. Por tanto, para ellos, las tareas sencillas o que puedan llevar a cabo con facilidad, tienen poco valor educativo.

La **teoría de la autodeterminación** tiene, como punto de partida, que el origen de la motivación descansa en el supuesto de que los individuos pueden ejercer control sobre su entorno (de Charms, 1968; Rotter, 1966). En este marco, se conceptualiza la motivación como un constructo que puede variar, no solo en su intensidad, sino también en su posible orientación. Deci y su equipo impulsaron esta teoría relacionando el control con la necesidad de autonomía del ser humano. Estos autores consideran que los individuos se implican en las tareas porque así lo quieren (Deci & Ryan, 1985, 1991). Por tanto, su punto de partida es que la voluntad, entendida como “la capacidad del ser humano de escoger cómo satisfacer sus necesidades” (Deci, 1980, p. 26), es diferente de la autodeterminación que se refiere al “uso de la propia voluntad” (Deci, 1980, p. 26). Esta última implica que las personas tengan en cuenta sus fortalezas y debilidades y que, en base a ellas, decidan cómo van a satisfacer sus necesidades (Deci, 1980). Para los padres de esta teoría existen tres necesidades básicas que dirigen el comportamiento humano: la necesidad de competencia, la necesidad de autonomía y la de sentirse en relación con los demás. Un aspecto interesante del modelo es que entiende la motivación como un continuo que va desde el control a la autonomía (Ryan & Deci, 2017), en el que los comportamientos autónomos estarían asociados a la motivación

intrínseca entendida como “la necesidad humana de ser competente y auto-determinarse en relación con el entorno” (Deci, 1980, p. 27).

La última de las teorías contemporáneas destacables sobre la motivación es la **teoría sociocognitiva** (Bandura, 1986). En esta teoría, que es realmente una teoría del aprendizaje, Bandura propone que las actuaciones de los seres humanos son el resultado de las interacciones recíprocas entre tres factores: personales, conductuales y ambientales. Supera, por tanto, las teorías conductistas del aprendizaje que lo entendían como un refuerzo de las conductas de manera individual. Bandura (1986) entiende a los humanos como seres proactivos y autorregulados, más que como organismos reactivos modelados exclusivamente por el ambiente. Por tanto, para un individuo motivado, el proceso activo de regulación de sí mismo y de reajuste del ambiente para alcanzar unos objetivos es fundamental. Por esta razón, en la teoría sociocognitiva, las creencias de las personas sobre sus propias capacidades, valores e intereses ocupan un lugar central. Entre ellas, la autoeficacia se ha posicionado como un constructo indispensable en el modelo (Bandura, 1994; Pajares, 1996; Zimmerman, 2000). Bandura (1986, p. 391) definió la autoeficacia como “los juicios que realizan las personas sobre sus capacidades para organizar y ejecutar las acciones requeridas para alcanzar los tipos de actuación designados”. Para este autor, la autoeficacia es el fundamento de las acciones motivadas ya que, a menos que una persona crea que con una acción puede provocar los efectos que desea, no tendrá incentivo para llevarla a cabo (Bandura, 1997).

1.4.2. Principales rasgos de la motivación hacia la ciencia

La motivación hacia la ciencia beneficia, no sólo a los estudiantes que deseen ser científicos, sino también a todos los demás, contribuyendo a su alfabetización en este campo (Bryan et al., 2011). Como se indicó al principio de la introducción, este es un objetivo prioritario a nivel internacional (OECD, 2016). Por tanto, el estudio de la motivación en el aprendizaje de las ciencias, ha suscitado mucho interés en la comunidad científica en las últimas décadas (González et al., 2017; Koballa & Glynn, 2007; Ramnarain & Ramaila, 2018; Uzuntiryaki-Kondakci & Senay, 2015; Zusho et al., 2003).

Las investigaciones en el campo de la motivación hacia ciencia, se centran en explicar las causas por las que los estudiantes se esfuerzan en el aprendizaje de esta disciplina o qué emociones están implicadas en el proceso. Para evaluar la motivación es fundamental, por tanto, examinar los diferentes rasgos que la configuran (Salta & Koulougliotis, 2015). La teoría sociocognitiva conceptualiza la motivación hacia el aprendizaje como un constructo multidimensional (Glynn et al., 2011). Los diferentes componentes de la motivación hacia la ciencia, se han estudiado con relativa intensidad (Glynn et al., 2011; Glynn & Koballa Jr., 2006; Koballa & Glynn, 2007) y los más destacados son la motivación intrínseca, la motivación extrínseca, la autodeterminación y la autoeficacia (Glynn et al., 2011; Koballa & Glynn, 2007).

La **motivación intrínseca** está relacionada con la satisfacción con el aprendizaje de la ciencia por el hecho de ser interesante, exigente o divertido (Ryan & Deci, 2000). Por el contrario, la **motivación extrínseca** impulsa el aprendizaje a través de una recompensa externa, para un fin determinado como puede ser obtener un título o una buena calificación (Ryan & Deci, 2000). Conviene tener en cuenta, que estos rasgos motivacionales no son mutuamente excluyentes, sino que generalmente coexisten en las personas (Glynn & Koballa Jr., 2006). Por su parte, la **autodeterminación** da cuenta del grado de control que los estudiantes tienen sobre el aprendizaje (Black & Deci, 2000). Finalmente, la **autoeficacia** se refiere a la confianza que los estudiantes tienen en sus propias capacidades, para organizar y ejecutar las acciones necesarias en pos del aprendizaje (Ferrell & Barbera, 2015; Lawson et al., 2007).

1.5. Medidas de la motivación hacia la ciencia

En vista de la importancia de la motivación hacia la ciencia, surge la necesidad de medirla tanto para los profesores como para los investigadores (Glynn et al., 2011). Con este propósito se han diseñado diferentes instrumentos empleando distintos enfoques. Algunos autores han adaptado instrumentos que originalmente estaban diseñados para medir la motivación en un dominio académico general al contexto del aprendizaje de la ciencia. Así lo hacen, por ejemplo, Liu, Ferrell, Barbera y Lewis (2017) con la Escala Académica de Motivación (*Academic Motivation Scale, AMS*) orientándola hacia la medida de la motivación de estudiantes universitarios hacia la Química. La escala mide

las siete dimensiones del instrumento original desarrollado por Vallerand et al. (1992): tres tipos de motivación intrínseca, tres de motivación extrínseca y la desmotivación.

Por otro lado, también se han diseñado instrumentos específicos para la medida de la motivación hacia la ciencia como, por ejemplo, la Escala de Motivación de los Estudiantes hacia la Ciencia (*Students' Motivation towards Science Learning, SMTSL*) propuesta por Tuan, Chin y Shieh (2005). Este instrumento, dirigido a estudiantes de secundaria, mide seis dimensiones de la motivación: autoeficacia, experiencias de aprendizaje activo, valor del aprendizaje de la ciencia, desempeño, metas de logro y estímulo del entorno de aprendizaje. En esta misma línea Velayutham, Aldridge, & Fraser (2011) se centran en la medida de factores relacionados con la motivación y la autorregulación del aprendizaje. Este instrumento, dirigido a estudiantes de secundaria, incluye cuatro subescalas: orientación a metas de aprendizaje, valor de la tarea, autoeficacia y autorregulación.

Otro de los instrumentos de medida de la motivación hacia la ciencia, que se ha venido utilizando en los últimos años, es el Cuestionario de Motivación hacia Ciencia (*Science Motivation Questionnaire, SMQ*) que fue diseñado por Glynn y Koballa (2006). Este instrumento se centra en la medida de los componentes motivacionales relacionados con el aprendizaje autorregulado (Bryan et al., 2011; Glynn et al., 2007, 2009; Glynn & Koballa Jr., 2006). Con el fin de mejorar su validez se propuso posteriormente una segunda versión, el Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia II (*Science Motivation Questionnaire II, SMQII*) (Glynn et al., 2011) que, en su versión original, está dirigido a estudiantes universitarios. El SMQII se basa en la teoría socio-cognitiva de Bandura (1986) que fue ampliada posteriormente por él mismo y otros investigadores (Bandura, 2001; Pajares & Schunk, 2001; Pintrich, 2003). Este instrumento mide cinco dimensiones diferentes de la motivación hacia la ciencia y es el que se ha utilizado en la parte empírica de la presente tesis doctoral.

1.6. Motivación hacia la ciencia y rendimiento académico

Como es lógico, la motivación hacia la ciencia y el rendimiento de los estudiantes en esta disciplina están íntimamente relacionados (Denissen et al., 2007). Aunque las investigaciones anteriores se han centrado más en los aspectos cognitivos, los estudios sobre la relación entre la motivación y el rendimiento ha ganado protagonismo en los

últimos tiempos (Fortus & Vedder-Weiss, 2014; Koballa & Glynn, 2007). Si bien los factores cognitivos han demostrado ser mejores predictores del rendimiento académico que los no cognitivos (Turner & Lindsay, 2003), la inclusión de estos últimos en los modelos para explicar el desempeño de los estudiantes parece imprescindible para tener una visión completa del problema (Lau & Roeser, 2002). En un estudio reciente, Villafañe et al. (2016) encontraron que el rendimiento en Química y la motivación están relacionados de forma recíproca, lo que implica que el rendimiento previo tiene un efecto sobre la motivación y esta, a su vez, afecta al rendimiento posterior.

Cada una de las componentes de la motivación tiene un efecto sobre el rendimiento en Física y Química. En particular, se ha observado el efecto simultáneo de las motivaciones extrínseca e intrínseca en el rendimiento de estos estudiantes. La motivación intrínseca juega papel importante en el desempeño de los estudiantes en ciencias y, en un trabajo anterior, permitió agrupar a los mismos en cuatro perfiles diferentes en función de este tipo de motivación, el uso de estrategias de aprendizaje y la ansiedad (Ng et al., 2016). Por su parte, Gungor, Eryilmaz, & Fakioglu, (2007) observaron que la motivación hacia el rendimiento es el rasgo motivacional que mayor efecto tiene en el desempeño en una asignatura de Física. En otro estudio, Austin et al. (2018) demostraron que la motivación extrínseca y el rendimiento en Química Orgánica están débilmente correlacionados en un grupo de estudiantes que estaban altamente motivados hacia las calificaciones. El efecto de la autodeterminación en el rendimiento académico en ciencias se ha estudiado menos que los de los demás rasgos motivacionales. En el aprendizaje de la Química a nivel universitario, se ha encontrado un efecto positivo de la autonomía para la autorregulación en el rendimiento de los estudiantes (Black & Deci, 2000; Zusho et al., 2003). Por otro lado, en el contexto del aprendizaje de las Matemáticas en secundaria también se ha verificado la importancia de la autodeterminación de los estudiantes a la hora de explicar su desempeño en la asignatura (León et al., 2015).

Uno de los rasgos motivacionales más estudiados en el contexto de las investigaciones sobre el rendimiento de ciencias es la autoeficacia (Andrew, 1998; Boz et al., 2016; Britner, 2008; Bryan et al., 2011; Cavallo et al., 2004; Jansen et al., 2015; Kan & Akbaş, 2006; Lawson et al., 2007; Ramnarain & Ramaila, 2018; Villafañe et al., 2016; Zusho et al., 2003). Austin et al. (2018) encontraron que, aunque los cuatro rasgos

motivacionales que incluyeron en una investigación correlacionaron positivamente con el rendimiento de los estudiantes, la relación más intensa se obtuvo el caso de la autoeficacia. También se ha estudiado el efecto del momento en el que se mide la autoeficacia. Por ejemplo, se ha encontrado que, aunque en general la motivación a lo largo del curso puede descender, la autoeficacia de los estudiantes que demuestran un alto nivel fue mayor al final del semestre que al principio (Ferrell et al., 2016). En ese mismo estudio se observó que la autoeficacia medida al final del semestre es un predictor mucho mejor del rendimiento en una asignatura universitaria de Física general que la autoeficacia de los mismos estudiantes al principio del semestre.

1.7. Motivación hacia la ciencia y abandono de las opciones científicas

La relación entre la motivación hacia la ciencia y la persistencia de los estudiantes en las opciones científicas se ha investigado ampliamente tanto a nivel de enseñanza secundaria (Aeschlimann et al., 2016; Mujtaba & Reiss, 2014; Palmer et al., 2017; Salta et al., 2012; Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2015) como en el contexto universitario (Cerinsek et al., 2013; Hinds & Shultz, 2018; Shedlosky-Shoemaker & Fautch, 2015). En particular, y como era de esperar, los estudiantes universitarios que optan por los estudios científicos tienen una mayor motivación hacia la ciencia que los que no lo hacen (Glynn et al., 2011). Por su parte, Lau y Roeser (2002) encontraron que los mejores predictores de la persistencia de los estudiantes en las opciones científicas son los factores motivacionales.

En cuanto al efecto de los rasgos motivacionales en particular, se ha podido comprobar que las creencias de autoeficacia tienen un peso importante en las decisiones que toman los estudiantes adolescentes sobre su futuro académico (Bandura, 2001). En esta línea, se han recogido evidencias del efecto de la autoeficacia en la participación de los estudiantes en futuras opciones de ciencias (Palmer et al., 2017). Paralelamente, se ha demostrado que la autoeficacia juega un papel mediador entre las experiencias de aprendizaje y el interés por una futura profesión en el campo de las ciencias (Lent et al., 1994). También se ha evidenciado la importancia de la autoeficacia como variable parcialmente mediadora entre las creencias implícitas de habilidad para la ciencia y la intención de los estudiantes de incorporarse a los estudios universitarios de ciencias naturales (Van Aalderen-Smeets et al., 2018).

1.8. Enfoques de aprendizaje, rendimiento y abandono de las opciones científicas

1.8.1. Los enfoques de aprendizaje de los estudiantes

Íntimamente relacionados con la motivación (Cavallo et al., 2003), los enfoques que los estudiantes emplean para aprender, se han vinculado, en estudios anteriores, con el desempeño de los mismos tanto a nivel de educación primaria (García et al., 2016), como de secundaria (McInerney et al., 2012) y universidad (Sinapuelas & Stacy, 2015). Los enfoques de aprendizaje se refieren a la manera en que los estudiantes abordan las tareas relacionadas con el estudio de acuerdo con sus objetivos percibidos (Biggs, 1987).

Se han postulado dos grandes enfoques de aprendizaje: el enfoque profundo y el enfoque superficial (Biggs et al., 2001). Los estudiantes con un enfoque profundo se encuentran motivados intrínsecamente y están interesados en la tarea a la que se enfrentan. Estos estudiantes buscan la comprensión del significado del material didáctico que manejan y la conexión de los nuevos conocimientos con su esquema de conocimientos previos (Biggs, 1987; Marton, 1983). Un enfoque superficial de aprendizaje implicaría que los estudiantes perciban la tarea como una obligación a cumplir, por lo que, generalmente, invocarán metas de evitación (Biggs, 1987). Se trata de un enfoque relacionado con la motivación extrínseca y dirigido por estrategias de aprendizaje de naturaleza memorística. Esta mera memorización de contenidos llevará al estudiante a un aprendizaje acrítico que no le permite la integración de la información y, por tanto, a un nivel de comprensión muy superficial (Chin & Brown, 2000). Cada uno de estos dos enfoques se pueden activar, a su vez, de dos maneras diferentes: mediante el motivo, entendido como la intención que hay detrás del aprendizaje, o mediante la estrategia, que se referirá al plan que el estudiante diseña para aprender (Biggs et al., 2001). Aunque cada persona tiene una inclinación por un determinado tipo de aprendizaje (Gargallo et al., 2006), los enfoques no son una cualidad inmutable, sino un rasgo que se puede modular mediante las percepciones de los estudiantes sobre las tareas que deben abordar (Gargallo et al., 2006). De hecho, existen evidencias de que los estudiantes pueden utilizar ambos enfoques en momentos o situaciones diferentes (Entwistle et al., 2000).

La comprensión de los contenidos científicos se puede facilitar mediante el uso de analogías o metáforas que permitan la construcción de relaciones significativas entre

las experiencias y conocimientos previos y los nuevos contenidos aprender (Wittrock, 2013). Por esa razón, el enfoque de aprendizaje que adoptan los estudiantes parece particularmente relevante. Así, cuando los estudiantes se muestran interesados por la tarea que están abordando, es más probable que adopten enfoques de aprendizaje orientados a la comprensión del material (Nolen, 1988). De hecho, estudios previos ha demostrado que tanto los factores cognitivos como los motivacionales y los afectivos están implicados en los enfoques adoptados por los estudiantes (Ames & Archer, 1988).

1.8.2. Enfoques de aprendizaje y rendimiento académico

Los enfoques de aprendizaje se han relacionado en investigaciones previas con el rendimiento académico (Richardson et al., 2012; Schneider & Preckel, 2017). Mayoritariamente, los trabajos anteriores han encontrado relaciones positivas entre los enfoques profundos y el desempeño de los estudiantes y correlaciones negativas entre este último y los enfoques superficiales (Chamorro-Premuzic & Furnham, 2008; Diseth, 2003; Valadas et al., 2017). En un trabajo en el contexto de la educación secundaria, se encontró que esta relación es específica del dominio conocimiento (Rosander & Bäckström, 2014). Además, en este mismo trabajo, tan solo en el caso de asignaturas científicas, el enfoque superficial se relacionó negativa y significativamente con el rendimiento. En otra investigación a nivel de secundaria, se pudo demostrar que los enfoques de aprendizaje fueron predictores significativos del desempeño de los estudiantes después de controlar su inteligencia y los rasgos de personalidad (Rosander & Bäckström, 2012). En el contexto de la enseñanza de la Química se ha observado que los estudiantes que utilizan un enfoque profundo obtienen mejores calificaciones que aquellos que optan por un enfoque superficial (Bunce et al., 2017; Sinapuelas & Stacy, 2015). En otra investigación en el campo de la enseñanza de la ciencia, se encontró que, cuando los estudiantes universitarios tratan de explicar una observación, aquellos que tienen un enfoque profundo, invocan razonamientos basados en teorías microscópicas en lugar de acudir a descripciones de tipo macroscópico, con los correspondientes beneficios de aprendizaje (Salamonson et al., 2013).

1.8.3. Enfoques de aprendizaje y abandono

Teniendo en cuenta la naturaleza de los enfoques de aprendizaje y sus relaciones con la motivación y el rendimiento académico, sería plausible que tuvieran una conexión con la persistencia de los estudiantes. Recientemente se ha publicado un estudio en el que se demuestra el valor predictivo de los enfoques de aprendizaje de los estudiantes universitarios de primer año en su persistencia (Zamora et al., 2020). En particular, en el contexto de la enseñanza de la Química se ha encontrado una relación entre la persistencia de los estudiantes de grado universitario y sus enfoques de aprendizaje (Lastusaari et al., 2019; Lastusaari & Murtonen, 2013). Estos autores observaron una relación significativa entre el enfoque profundo y la probabilidad de persistencia en los estudios universitarios de Química. Por el contrario, los estudiantes con un enfoque superficial, tienen más probabilidad de cambiar de estudios o incluso abandonarlos definitivamente.

2. OBJETIVOS

A lo largo del capítulo de introducción, se han explicitado dos problemas. Por un lado, la preocupación existente en la comunidad educativa española por el rendimiento de los estudiantes de secundaria en Física y Química. Por otro, las altas tasas de abandono de las opciones científicas en educación secundaria. Tomando como motivación inicial estos problemas, en la presente tesis, se plantea el estudio del efecto de los rasgos motivacionales y los enfoques de aprendizaje en los mismos. En concreto, se definen los siguientes objetivos para el trabajo:

Objetivo 1 (O₁): Traducir, adaptar y validar el Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia para la población de estudiantes españoles de educación secundaria.

Objetivo 2 (O₂): Caracterizar los niveles motivacionales hacia la Física y Química de los estudiantes de secundaria españoles.

Objetivo 3 (O₃): Analizar el papel del rendimiento académico y los rasgos motivacionales de los estudiantes de secundaria en la elección de la asignatura de Física y Química una vez que pasa a ser optativa en el sistema educativo español.

Objetivo 4 (O₄): Analizar el efecto de los diferentes rasgos de motivación hacia la ciencia, en el rendimiento de los estudiantes de secundaria de la asignatura de Física y Química, diferenciando entre estudiantes que optan por cursar la misma y aquellos que no lo hacen.

Objetivo 5 (O₅): Investigar las atribuciones causales que realizan los estudiantes de secundaria sobre su decisión de elegir o no Física y Química cuando pasa a ser optativa, en función de su motivación hacia la asignatura.

Objetivo 6 (O₆): Estudiar el papel de los enfoques de aprendizaje y la autoeficacia en rendimiento de los estudiantes de secundaria.

Objetivo 7 (O₇): Estudiar el efecto del sexo en el rendimiento en Física y Química, los perfiles motivacionales y los enfoques de aprendizaje de los estudiantes de secundaria.

3. MÉTODO

En esta sección se presenta, de modo general, el marco metodológico en el que se sitúa el trabajo con el fin de facilitar la lectura de las cuestiones más específicas detalladas en cada una de las tres publicaciones derivadas de esta tesis.

3.1. Diseño y métodos de investigación

Los estudios incluidos esta tesis se han planteado desde una metodología empírico-analítica. En particular, se ha utilizado un enfoque no experimental *ex-post-facto* (Cohen et al., 2011). Esta aproximación a la investigación educativa permite el abordaje empírico de situaciones en las que el investigador no tiene control sobre las variables independientes, bien porque intrínsecamente no son manipulables, o bien porque sus manifestaciones han acontecido en el pasado (Kerlinger & Howard, 2002). Dentro de los diseños *ex-post-facto* se ha acudido a diversos métodos que han permitido abordar las preguntas de investigación planteadas en el presente trabajo:

- El **método descriptivo** facilita el análisis de la estructura y la exploración de las características que definen un fenómeno (Latorre et al., 1996), generando datos muy valiosos cuando se estudia un área nueva de investigación (McMillan & Schumacher, 2005).
- El **método comparativo** se centra en la investigación de la relación de una variable con otra, examinando las diferencias de medias entre grupos distintos. El investigador consigue la variación que desea estudiar sin una manipulación directa de una variable, sino seleccionando participantes en los que esa variable puede estar presente en unos casos y ausente en otros (Latorre et al., 1996; McMillan & Schumacher, 2005).
- El **método correlacional** persigue la exploración de las relaciones entre las variables implicadas en un problema. Algunos autores conciben que este método se engloba dentro de los descriptivos (Cohen et al., 2011). Sin embargo, otros defienden que va más allá de la descripción generando en ocasiones resultados de naturaleza predictiva (Bisquerra, 2012; Latorre et al., 1996). Conviene tener presente que la existencia de correlación entre dos variables es una condición necesaria pero no suficiente para concluir que existe entre ellas una relación de causalidad (Beins, 2017; McMillan & Schumacher, 2005).

3.2. Muestreo

Ante la imposibilidad de llevar a cabo un muestreo aleatorio, se optó por la modalidad no probabilística. En particular, se utilizó un muestreo por conveniencia, siguiendo el criterio de accesibilidad a los centros y los estudiantes finalmente implicados en la recogida de datos. En cada uno de los cuatro estudios empíricos que componen esta tesis se describen, en detalle, la composición de las muestras utilizadas. Tanto los estudiantes como sus familias dieron su consentimiento informado para autorizar la participación de los primeros en la recogida de datos.

3.3. Instrumentos de recogida de información y variables

Por su condición de constructos no observables, la medida de variables intrapsíquicas como las que, a menudo, están implicadas en el contexto de la investigación educativa presenta una especial dificultad (Kerlinger & Howard, 2002). Para llevar a cabo estas medidas, se utilizan instrumentos diseñados específicamente para recoger la información necesaria que permita cuantificar el rasgo que se desea medir. Los instrumentos de medida deben cumplir dos requerimientos técnicos: ser válidos y ser fiables (Bisquerra, 2012).

3.3.1. Validez y fiabilidad de los instrumentos de medida

De acuerdo con Pérez-Juste, García-Llamas, Gil y Galán (2009, p. 162), “un instrumento es válido si mide lo que dice medir y no otra cosa”. Existen múltiples enfoques para aproximarse al análisis de la validez de un instrumento (Kerlinger & Howard, 2002). Una de las posibles formas de evaluarla es acudir a la llamada validez de constructo que consiste, esencialmente, en examinar la correspondencia entre la teoría que sustenta la prueba y los ítems que componen el instrumento (Pérez-Juste et al., 2009; Trochim et al., 2015). Entre los procedimientos que se utilizan habitualmente para evaluar la validez de constructo de un instrumento se encuentra el Análisis Factorial (AF) que ha sido el utilizado en los análisis de validez llevados a cabo en esta tesis. Este tipo de análisis presenta dos etapas: el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) y el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) que, aplicadas consecutivamente, permiten establecer indicios sobre la validez del instrumento (Pérez-Gil et al., 2000). El primero se utiliza para

encontrar la estructura subyacente de los datos, mientras que el segundo, se guía por teorías sustantivas y se utiliza principalmente para ratificar las relaciones entre las variables latentes encontradas por el AFE (Bollen, 1989).

Por su parte, la fiabilidad de las medidas se identifica con su precisión. Existen diversos métodos para evaluar la fiabilidad de los instrumentos de medida. Entre ellos, en esta tesis, se ha optado por un enfoque de fiabilidad como consistencia interna. Esta aproximación a la medida de la fiabilidad se basa en la coherencia de las respuestas en aquellos ítems diseñados para evaluar cada uno de los rasgos que mide el instrumento en su conjunto (Pérez-Juste et al., 2009). De entre los procedimientos disponibles bajo este enfoque, se ha elegido el cálculo del α de Cronbach (Cronbach, 1951) y el omega de McDonald (Komperda et al., 2018).

3.3.2. Descripción de los instrumentos y las variables

A lo largo de los tres estudios que componen la presente tesis, se han utilizado un conjunto de instrumentos de recogida de información que se describen en este apartado. Los objetivos de este trabajo han llevado a abordar la medida de diferentes variables relacionadas con el rendimiento académico, la motivación de los estudiantes de secundaria hacia la asignatura de Física y Química, las atribuciones causales de los estudiantes sobre su decisión de continuar o no con la asignatura, sus enfoques de aprendizaje y su autoeficacia. A continuación, se describen los instrumentos de recogida de información que se han utilizado para medir las variables implicadas en la investigación. Las evidencias sobre su validez y fiabilidad se suministran en el capítulo donde se recoge compendio de publicaciones.

Rendimiento académico. Sobre la medida de esta variable existen ciertas controversias en la literatura, ya que algunos autores defienden la conveniencia de utilizar pruebas estandarizadas para aminorar la dependencia de las prácticas evaluativas de los profesores (Martínez et al., 2009). Sin embargo, otros han demostrado que las calificaciones otorgadas por los profesores en secundaria son un predictor más preciso del éxito en la universidad que las obtenidas mediante pruebas estandarizadas (Hiss & Franks, 2014). Dada la inexistencia de pruebas estandarizadas en el contexto en el que se ha llevado a cabo esta investigación, se ha optado por medir rendimiento académico

en la asignatura utilizando la calificación final en la misma y el rendimiento académico general mediante la nota media de los estudiantes considerando todas las asignaturas del curso. Para estas medidas se utilizó la escala de 10 puntos habitual del sistema educativo español. Conviene tener en cuenta que, desde la implantación de la LOMCE (2013), la evaluación se lleva a cabo en el marco de los estándares de aprendizaje evaluables, fijados en la misma para cada asignatura.

Rasgos de motivación hacia ciencia. Parte del trabajo que se presenta en esta tesis consistió en la adaptación del Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia II (*Science Motivation Questionnaire II, SMQII*) al contexto de estudiantes de secundaria que tienen el español como lengua materna y su posterior validación. El instrumento original fue propuesto por Glynn et al. (2011) y sus autores sugieren que es posible modificarlo para adaptarlo a diferentes disciplinas científicas como por ejemplo, la Química Orgánica (Austin et al., 2018) o la Biología (Cleveland et al., 2017). Recientemente, el instrumento se ha traducido y validado para muestras de estudiantes de secundaria griegos (Salta & Koulougliotis, 2015) y alemanes (Schumm & Bogner, 2016). Sobre un total de 25 ítems, la medida se lleva a cabo utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos con las siguientes categorías: 0 (nunca), 1 (rara vez), 2 (a veces), 3 (a menudo) y 4 (siempre). Una vez adaptado y validado, el instrumento permitió medir cinco rasgos diferentes de la motivación hacia la Física y Química: la motivación intrínseca, la motivación hacia las calificaciones, la motivación hacia una futura profesión relacionada con la asignatura, la autodeterminación y la autoeficacia. En el apartado de compendio de publicaciones se presentan en detalle los resultados del proceso de validación de este instrumento y del correspondiente análisis de fiabilidad (ver Artículo I).

Atribuciones causales. Las atribuciones causales de los estudiantes sobre su elección de continuar o no con la asignatura de Física y Química cuando se pasa a ser optativa en el sistema educativo español, se midieron mediante dos cuestionarios diseñados *ad hoc* para esta investigación. Teniendo en cuenta la naturaleza de la muestra se planteó un cuestionario para los estudiantes que se decantaron por cursar la asignatura y otro para los que decidieron no cursarla. Ambos cuestionarios mantuvieron una estructura paralela para favorecer la comparación entre estos dos tipos de estudiantes. Mediante

un total de 27 ítems, se evaluaron las atribuciones causales al profesorado y a la metodología de aula (10 ítems), a la dificultad percibida de la asignatura por parte de los estudiantes (4 ítems), a la relación de la asignatura con las matemáticas (3 ítems), a los amigos (3 ítems), a la familia (4 ítems) y al efecto de los medios de comunicación (3 ítems). Para facilitar la comparación entre estas variables latentes los ítems se formularon de manera paralela. Por ejemplo, uno de los ítems asociados a las atribuciones al profesorado y la metodología docente para el cuestionario de estudiantes que habían optado por la asignatura fue: “He elegido física y química porque el curso pasado tuve un buen profesor”. Este ítem, en el cuestionario para los estudiantes que optaron por abandonar la asignatura se transformó en: “He abandonado física y química porque el curso pasado tuve un mal profesor”. La información de cada ítem se recogió en una escala Likert de 5 puntos desde nada de acuerdo (0), hasta totalmente de acuerdo (4). Para su validación de ambos instrumentos se utilizó un análisis factorial exploratorio en la mitad de cada una de las dos muestras y un análisis factorial confirmatorio mediante ecuaciones estructurales en la segunda mitad de cada muestra (ver Artículo III).

Enfoques de aprendizaje. Los enfoques de aprendizaje de los estudiantes se midieron utilizando la adaptación española (Blanco et al., 2009; de la Fuente et al., 2008) del *Revised Two Factor Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F)* desarrollado originalmente por Biggs et al. (2001). Este instrumento contiene 20 ítems de los que 10 están diseñados para medir la dimensión de enfoque superficial y otros 10 la de enfoque profundo. Cada dimensión tiene, a su vez, dos subdimensiones con 5 ítems cada una para medir las dos posibles maneras de activar el aprendizaje: mediante los motivos o mediante la estrategia. Por ejemplo, el ítem 5: “Me parece que cualquier tema puede llegar a ser altamente interesante una vez que te metes en él”, estaría relacionado con el enfoque profundo y la subdimensión motivo. Sin embargo, el ítem 8: “Aprendo las cosas repitiéndolas hasta que me las sé de memoria incluso aunque no las comprenda”, buscaría medir la subdimensión estrategia del enfoque superficial. Las respuestas a los ítems se recogen en una escala tipo Likert de 5 puntos ordenada desde “nunca o casi nunca” (1) hasta “siempre o casi siempre” (5). En el apartado de compendio de

publicaciones se recogen los detalles sobre la fiabilidad del instrumento (ver Artículo IV).

Autoeficacia académica. Para medir la autoeficacia académica se utilizó la Escala de Autoeficacia para el Aprendizaje y el Rendimiento de la versión española (Albert Pérez, 2017) del Cuestionario de Estrategias de Motivación para Aprendizaje (*Motivated Strategies for Learning Questionnaire, MSLQ*) (Pintrich et al., 1991). Esta subescala contiene ítems como: “Tengo confianza en que puedo entender los conceptos básicos que se enseñan en este curso.” Para la medida se utiliza una escala tipo Likert de 7 puntos. Este instrumento se adaptó y validó, en un trabajo previo, para una muestra de estudiantes españoles de secundaria (Albert Pérez, 2017). Las fiabilidades obtenidas en la muestra utilizada en este trabajo se incluyen en el Artículo IV del compendio de publicaciones.

3.4. Planificación de los análisis

3.4.1. Primer estudio empírico (Ardura & Pérez-Bitrián, 2018)

El primer estudio empírico está relacionado con los **objetivos O₁, O₂, O₃ y O₇** de la presente tesis doctoral. Este estudio comenzó con la traducción, adaptación y validación del Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia II para la población de estudiantes de secundaria españoles. El proceso de validación se llevó a cabo en dos fases: en primer lugar, un análisis factorial exploratorio y, en segundo lugar, un análisis factorial confirmatorio mediante la aplicación de modelos de ecuaciones estructurales.

Ante la falta de cumplimiento de la condición de normalidad por parte de algunas de las variables latentes, se optó por la prueba U de Mann-Whitney para las comparaciones de rangos medios y el uso del coeficiente de Spearman para el estudio correlacional. El tamaño del efecto de las comparaciones de medias se estimó mediante la fórmula de Rosenthal (1991). Para analizar el papel del rendimiento en Física y Química y la motivación hacia estas disciplinas en la elección de la asignatura cuando pasa ser optativa, se utilizó un análisis de segmentación tipo CHAID (*Chi-Squared Automatic Interaction Detection*).

3.4.2. Segundo estudio empírico (Ardura & Pérez-Bitrián, 2019)

El segundo estudio empírico está relacionado con el **objetivo O₄**. En este estudio se utilizó, en primer lugar, un análisis de conglomerados que permitió identificar dos grupos diferentes entre los estudiantes que optaron por cursar Física y Química, en función de sus rasgos motivacionales. En segundo lugar, se llevó a cabo un análisis descriptivo e inferencial utilizando el análisis de la varianza (ANOVA) y un análisis de correlación. Para estudiar los perfiles motivacionales hacia el rendimiento de los estudiantes, se optó por el uso de modelos de ecuaciones estructurales. Estos modelos permiten investigar no solo los efectos directos de las variables predictoras sobre la variable criterio, sino también los indirectos sobre esta última, que se producen a través de otras variables incluidas en los modelos. Los efectos del sexo se estudiaron mediante un análisis multi-grupo.

3.4.4. Tercer estudio empírico (Ardura et al., 2020)

El tercer estudio empírico está relacionado con el **objetivo O₅**. Para alcanzar este objetivo se acudió a análisis descriptivos e inferenciales a través del coeficiente de correlación de Pearson y el análisis de la varianza (ANOVA), para comparar las medias en las atribuciones causales de los integrantes de los tres grupos motivacionales que se formaron mediante un análisis de clúster. Este estudio requirió del diseño y validación de los dos instrumentos para medir atribuciones causales descritos anteriormente. Para analizar el poder predictor de las diferentes atribuciones causales en la elección de los estudiantes se utilizó una regresión logística multinomial en la que la que, como variable criterio se optó por la pertenencia de los estudiantes a los tres grupos motivacionales formados gracias al análisis de clúster. La contribución de cada atribución al modelo se evaluó mediante los *odds ratio*, que son un indicador de cómo cambian las probabilidades de asignación de un estudiante a uno de los tres grupos cuando una variable predictora se incrementa en una unidad.

3.4.3. Cuarto estudio empírico (Ardura & Galán, 2019)

El cuarto estudio empírico está relacionado con los **objetivos O₆** y **O₇**. Para abordar esta parte del trabajo se recurrió, en primer lugar, a un análisis descriptivo e inferencial. En este último, se utilizaron las pruebas t de Student para comparaciones entre dos grupos,

Método

y el análisis de la varianza (ANOVA) para comparaciones de medias entre más de dos grupos. Los tamaños del efecto en ambas situaciones se estudiaron, respectivamente, mediante la fórmula de Rosenthal (1991) y el estadístico omega cuadrado (Field, 2009). Finalmente, se desarrollaron dos modelos de ecuaciones estructurales para representar las correlaciones entre las variables implicadas en la investigación.

Todos los análisis, excepto las estimaciones del tamaño del efecto, se llevaron a cabo empleando los programas SPSS y AMOS (Arbuckle, 2010).

4. PRINCIPALES RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Traducción, adaptación y validación del Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia

La traducción, adaptación y validación del Cuestionario de Motivación hacia la Ciencia II constituye el primer objetivo de esta tesis (**Objetivo O₁**). Este instrumento se diseñó inicialmente para estudiantes universitarios estadounidenses. Un aspecto interesante del mismo es que, en su validación original, se empleó una muestra de estudiantes provenientes tanto de carreras relacionadas con las ciencias naturales, como de carreras pertenecientes a otras áreas de conocimiento (Glynn et al., 2007, 2009, 2011). El instrumento, diseñado para medir la motivación hacia la ciencia, resulta fácilmente adaptable a las diferentes disciplinas científicas, sin más que sustituir la palabra “ciencia” por el nombre de la disciplina en la que estamos interesados, siendo esta una característica que los propios autores persiguieron cuando se diseñó (Glynn et al., 2011). En nuestro caso, por tanto, la palabra “ciencia” se sustituyó por “Física y Química”, lo que permitió adaptarlo a los propósitos de la investigación.

La traducción del instrumento original se llevó a cabo utilizando el procedimiento de la traducción inversa por parte de dos traductores independientes, que se pusieron de acuerdo en buscar una versión en español que lograra el equilibrio óptimo entre el significado cultural y literal de los ítems (Muñiz et al., 2013). Mediante el tratamiento estadístico descrito en el artículo correspondiente al primer estudio empírico de esta tesis (Ardura & Pérez-Bitrián, 2018), se consiguió reproducir la estructura de variables latentes encontrada en la validación del instrumento original (Glynn et al., 2011). Por tanto, el proceso permitió definir cinco variables de motivación hacia la Física y Química: la motivación hacia una futura carrera relacionada con esta disciplina (*career motivation*, CM), la autodeterminación (*self-determination*, SD), la autoeficacia (*self-efficacy*, SE), la motivación intrínseca (*intrinsic motivation*, IM) y la motivación hacia las calificaciones (*grade motivation*, GM). El análisis factorial exploratorio permitió explicar un porcentaje de la varianza del 69.73% y el análisis factorial confirmatorio arrojó unos índices de ajuste adecuados entre los datos y el modelo de ecuaciones estructurales (ver Artículo I en el capítulo de compendio de publicaciones).

En investigaciones anteriores se llevaron a cabo validaciones del instrumento original para diferentes poblaciones como la de estudiantes griegos de secundaria (Salta & Koulougliotis, 2015) o la de estudiantes alemanes de ese mismo nivel educativo

(Schumm & Bogner, 2016). En el primer caso, el instrumento se adaptó para la asignatura de Química, mientras que, en el segundo, se mantuvo la idea del instrumento original de medir la motivación hacia la ciencia en general. En ambas validaciones, se consiguió reproducir la estructura original de variables latentes, tal y cómo ha ocurrido en la versión para población española que se ha validado en esta tesis. Es importante tener en cuenta que en la validación alemana se detectaron algunas limitaciones en las subescalas de motivación hacia las calificaciones y la autodeterminación. Por su parte, Yamamura y Takehira (2017) presentaron la versión para la población japonesa de estudiantes universitarios obteniendo únicamente cuatro de las cinco variables latentes originales, ya que su validación factorial no permitió definir en la muestra utilizada la subescala de autoeficacia.

Como se puede observar en el Artículo I del compendio de publicaciones, los análisis de fiabilidad en la muestra utilizada en nuestra validación para población española, arrojaron valores adecuados del alfa de Cronbach y ligeramente superiores a los reportados por Salta y Koulougliotis (2015) y Schumm y Bogner (2016) en el mismo contexto de educación secundaria.

4.2. El papel de la motivación en la elección de Física y Química

4.2.1. Rasgos de la motivación hacia la Física y Química en estudiantes de secundaria

Los promedios alcanzados por los estudiantes españoles son similares a los encontrados previamente en estudiantes de secundaria griegos (Salta & Koulougliotis, 2015) y alemanes (Schumm & Bogner, 2016). El nivel más alto, en los tres países, se da en la escala de motivación hacia las calificaciones. Es interesante destacar, como principal diferencia, que en el caso de los estudiantes españoles, la motivación intrínseca es el rasgo con la puntuación más baja de los estudiados. Sin embargo, tanto los estudiantes griegos como los alemanes muestran una motivación intrínseca, relativa a los demás rasgos, superior a la de los españoles.

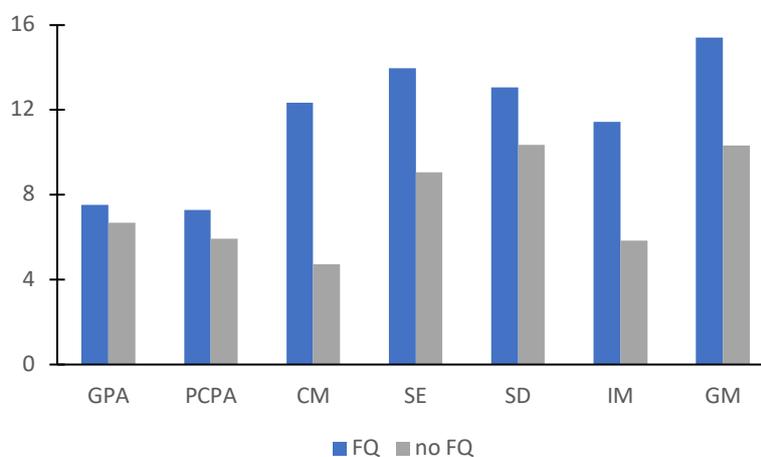
Como era de esperar, nuestros resultados indican que todos los rasgos motivacionales, en aquellos estudiantes que eligen la asignatura como optativa, presentan valores promedio más elevados que los que la descartan (ver Figura 2). Es interesante destacar que, en la comparación de medias entre estos dos grupos de estudiantes, el mayor tamaño del efecto se da en la motivación hacia una futura

Principales resultados y discusión

profesión ($r=0.63$) y el menor en la autodeterminación ($r=0.26$). Los niveles más bajos de motivación entre los estudiantes que no optan por Física y Química cuando se convierte en una asignatura optativa, se dan en el caso de la motivación intrínseca y la motivación hacia una futura profesión relacionada con esta disciplina (ver Figura 2). También se observa que, tanto el rendimiento académico general, como el rendimiento previo en la asignatura, es superior en el caso de los estudiantes que optan por cursarla.

Figura 2

Comparación de los niveles motivacionales y el rendimiento entre los estudiantes que optan por cursar la asignatura y los que la descartan.



NOTA: GPA: rendimiento escolar general (medido en una escala de 1 a 10); PCPA: rendimiento en Física y Química (medido en una escala de 1 a 10); CM: motivación hacia una futura profesión relacionada con la Física y Química; SE: autoeficacia; SD: autodeterminación; IM: motivación intrínseca; GM: motivación hacia las calificaciones (los rasgos motivacionales se han medido en una escala de 0 a 20).

La comparación de las correlaciones entre las variables motivacionales arrojó resultados similares en ambos grupos de estudiantes. Sin embargo, es importante tener en cuenta que se han detectado algunos coeficientes que son mayores en el grupo que opta por la asignatura de Física y Química con respecto al otro. En concreto, las correlaciones entre la motivación hacia una futura carrera en el ámbito de la Física y Química y la autoeficacia por un lado, y la autodeterminación y la motivación hacia las calificaciones, por otro, son significativamente más intensas en el grupo que opta por cursar Física y Química.

4.2.2. Efecto de la motivación en la elección de Física y Química como asignatura optativa

Un análisis de segmentación tipo CHAID permitió evaluar la importancia relativa de los rasgos motivacionales y el rendimiento en la elección que llevan a cabo los estudiantes de secundaria cuando la asignatura de Física y Química se vuelve optativa (**Objetivo O₃**). En nuestro modelo se optó, como variable dicotómica criterio, por la elección del estudiante sobre si cursar o no la asignatura en 4º de ESO. Las variables predictoras fueron los rasgos motivacionales, el rendimiento en Física y Química y el rendimiento escolar general. El modelo obtenido indica que los predictores significativos de la elección son, por este orden, la motivación hacia una futura profesión relacionada con la Física y Química, el rendimiento escolar general, la autoeficacia y el rendimiento en Física y Química.

En líneas generales, aquellos estudiantes con alta motivación hacia una futura profesión relacionada con esta disciplina, que tienen un rendimiento escolar de más de 6.5 puntos y una autoeficacia alta, son los que más probabilidades tienen de elegir la asignatura en 4º de ESO. Por otro lado, los estudiantes con más posibilidades de abandonar la asignatura cuando se convierte en optativa son aquellos con baja motivación hacia una futura profesión relacionada con la disciplina y con unos resultados en Física y Química por debajo de 5 puntos.

Es importante puntualizar que nuestro modelo pone de manifiesto la relevancia de la motivación a la hora de explicar el abandono de las opciones científicas en secundaria, por encima incluso de las variables asociadas al rendimiento, en la misma línea que algunas investigaciones anteriores (Mujtaba & Reiss, 2014; Shedlosky-Shoemaker & Fautch, 2015; Sheldrake, 2016). Nuestros resultados, por otra parte, señalan la motivación hacia una futura profesión relacionada con la Física y Química como la variable motivacional más importante en la elección de la asignatura. Este hallazgo se añade a algunos estudios previos que han concluido que la relevancia de la disciplina percibida por los estudiantes puede influir en sus elecciones de futuro (Cleaves, 2005; Mujtaba & Reiss, 2014; Palmer et al., 2017; Stokking, 2000).

4.2.3. Perfiles motivacionales en función de la elección de los estudiantes

Dos trabajos recientes ha puesto de manifiesto la posible existencia de diferentes perfiles de estudiantes de secundaria en lo que se refiere al aprendizaje de la ciencia (Ferguson & Hull, 2018; Ng et al., 2016). Por esta razón, el cuarto objetivo de esta tesis (**Objetivo O₄**) contempla el estudio de los posibles perfiles motivacionales de los estudiantes de secundaria en función de que elijan o no la asignatura de Física y Química en 4º de ESO como optativa.

En la hipótesis de que existirían dos perfiles motivacionales hacia el rendimiento dependiendo de que los estudiantes hayan elegido o no la asignatura como optativa, nuestro análisis tomó, como punto de partida, la existencia de un modelo diferente para cada uno de estos dos tipos de estudiantes. El modelo propuesto para los estudiantes que no eligieron Física y Química se ajustó a los datos con buenos índices de ajuste. Sin embargo, tras una extensa búsqueda, no se encontró un modelo que se ajustase a los datos de los estudiantes que eligen la asignatura. Por esta razón, se optó por investigar, a través de un análisis de clúster, la existencia de posibles agrupamientos dentro de estos últimos estudiantes en función de los cinco rasgos motivacionales.

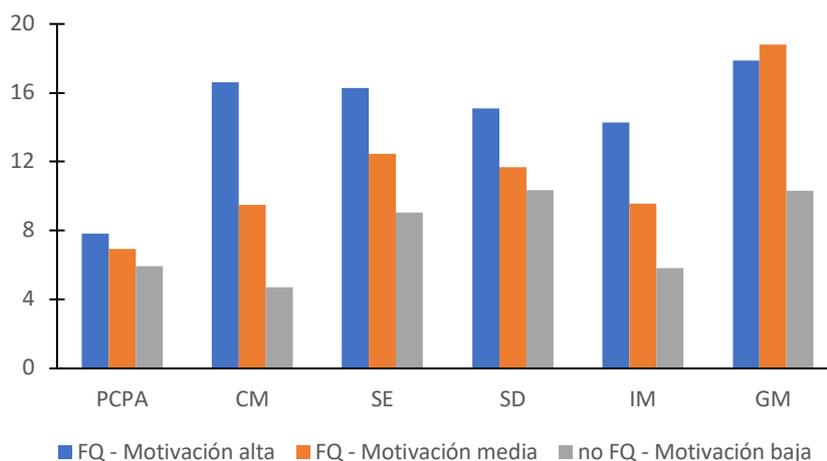
El análisis de conglomerados en este último grupo de estudiantes permitió encontrar dos subgrupos con características motivacionales diferentes. En el primero de ellos, los niveles de motivación encontrados fueron altos, mientras que, en el segundo, los niveles se sitúan en un punto intermedio entre los de los primeros y el grupo de estudiantes que optan por descartar la asignatura (ver Figura 3). Además, se pudo comprobar que el rendimiento en Física y Química fue alto en el grupo de estudiantes con motivación alta, medio en el de estudiantes con motivación intermedia y bajo entre los estudiantes que optaron por descartar la asignatura en su currículo y cuya motivación hacia la asignatura fue la más baja de los tres grupos (ver Figura 3). Estos resultados, que vinculan claramente el rendimiento académico a la motivación, están en la misma línea que algunos encontrados en algunas investigaciones anteriores (González & Paoloni, 2015; Singh et al., 2002; Uzuntiryaki-Kondakci & Senay, 2015).

Una vez generados los dos grupos de estudiantes entre los que optaron por Física y Química mediante el procedimiento descrito, el análisis de ecuaciones estructurales permitió encontrar dos modelos diferentes: uno para los estudiantes que optan por la asignatura y tienen motivación alta y otro para los estudiantes en esa misma opción

pero que tienen motivación media. Estos dos modelos se unen al que ya habíamos encontrado para el grupo de estudiantes que optan por abandonar la asignatura. De nuestro análisis se desprende, por tanto, que no es posible explicar el efecto de los rasgos motivacionales en el rendimiento en Física y Química mediante un modelo único. De hecho, en la presente tesis, se han encontrado tres modelos de ecuaciones estructurales diferentes en función de los niveles motivacionales de los estudiantes. Es interesante destacar, que dentro del grupo de estudiantes que optan por cursar Física y Química, existe un subconjunto de alumnos que muestran niveles motivacionales y de rendimiento en la asignatura intermedios, con lo que bien podrían ser sujetos en riesgo de abandono de las opciones científicas en secundaria.

Figura 3

Comparación de los niveles motivacionales y el rendimiento en Física y Química entre los estudiantes asignados a los tres grupos por el análisis de clúster.



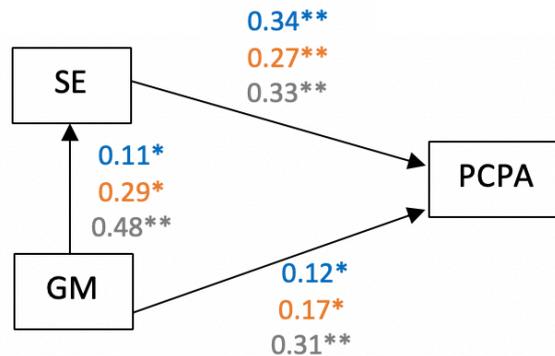
Nota: PCPA: rendimiento en Física y Química (medido en una escala de 1 a 10); CM: motivación hacia una futura profesión relacionada con la Física y Química; SE: autoeficacia; SD: autodeterminación; IM: motivación intrínseca; GM: motivación hacia las calificaciones (medidos en una escala de 0 a 20)

Los tres modelos encontrados comparten una estructura cualitativamente similar en lo referente al efecto de la autoeficacia y la motivación hacia las calificaciones, que resultan predictores significativos del rendimiento en Física y Química (ver Figura 4). A nivel cuantitativo, se puede destacar que la correlación entre la motivación hacia las calificaciones y la autoeficacia crece considerablemente a medida que los estudiantes se sienten menos motivados hacia la asignatura (ver Figura 4). En el caso de

estos últimos, resulta particularmente llamativa la magnitud de los efectos indirectos de la motivación hacia las calificaciones sobre el rendimiento a través de la autoeficacia.

Figura 4

Detalle de la parte común de los modelos correspondientes a los tres grupos de estudiantes



Nota: Física y Química-Motivación alta, Física y Química-motivación media y no Física y Química. SE: autoeficacia; GM: motivación hacia las calificaciones; PCPA: nota media en Física y Química.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

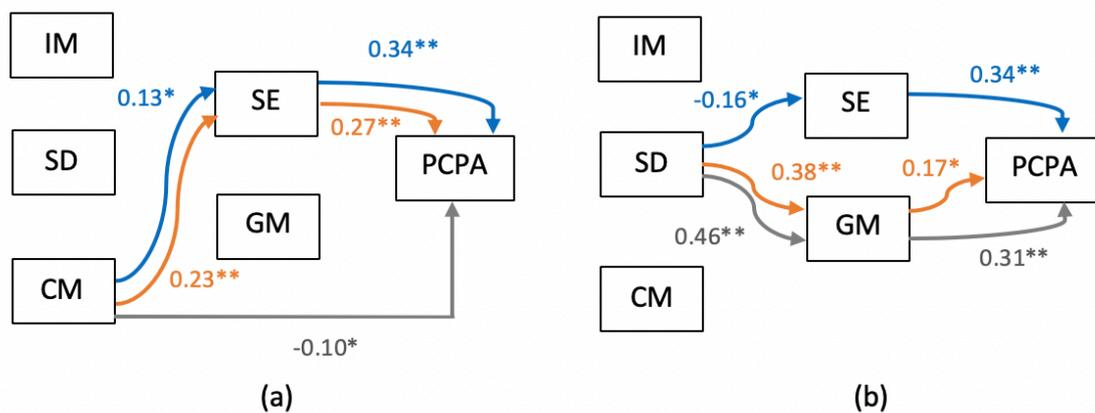
En los tres modelos, estos dos predictores directos del rendimiento en Física y Química (autoeficacia y motivación hacia las calificaciones), ejercieron también como facilitadores de los efectos indirectos de la motivación intrínseca y la autodeterminación. Por tanto, bien de manera directa o de forma indirecta, existe una contribución a la explicación del rendimiento, tanto de la motivación extrínseca como de la intrínseca, en línea con los hallazgos de investigaciones anteriores (Cerasoli et al., 2014; Mujtaba et al., 2018). La motivación intrínseca es un predictor indirecto del rendimiento a través de la autoeficacia en los tres modelos, dándose el menor efecto en los estudiantes que abandonan la asignatura. Esta relación entre la motivación intrínseca y la autoeficacia se alinea con la teoría sociocognitiva (Bandura, 1986, 2001, 2012), ya que, para estudiantes intrínsecamente motivados, la principal recompensa es el aprendizaje, por lo que, si éste se alcanza, la autoeficacia será más alta.

Las principales diferencias entre los tres modelos son, en primer lugar, el hecho de que para los estudiantes que eligen abandonar la asignatura, la motivación hacia una futura profesión relacionada con la Física y Química es un predictor significativo, negativo y directo del rendimiento. Sin embargo, para los demás estudiantes, es un

rasgo que contribuye de forma indirecta y positiva al rendimiento en la asignatura a través de la autoeficacia (ver Figura 5a). En segundo lugar, otra diferencia entre los tres modelos se da en los efectos indirectos de la variable autodeterminación: la mediación entre la autodeterminación y el rendimiento en Física y Química se da, en el caso de los estudiantes con motivación alta, a través de la autoeficacia y, en el caso de los estudiantes con motivación media y baja, a través de la motivación hacia las calificaciones (ver Figura 5b). El efecto indirecto de la autodeterminación es particularmente importante en el caso de estudiantes que optan por abandonar la asignatura. De acuerdo con la teoría de la autodeterminación, este constructo está relacionado con la autonomía (Deci & Ryan, 1985; Zuckerman et al., 1978). Por tanto, una enseñanza excesivamente guiada en este tipo de estudiantes, podría perjudicar su rendimiento.

Figura 5

Detalle de los modelos en los que se muestran los efectos indirectos de: (a) la motivación hacia una futura profesión relacionada con la Física y Química y (b) la autodeterminación según el grupo de estudiantes.



Nota: Física y Química-motivación alta, Física y Química-motivación media y no Física y Química. SE: autoeficacia; GM: motivación hacia las calificaciones; IM: motivación intrínseca; SD: autodeterminación; CM: motivación hacia una futura profesión; PCPA: nota media en Física y Química.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

4.2.4. Atribuciones causales sobre la elección y motivación hacia la Física y Química

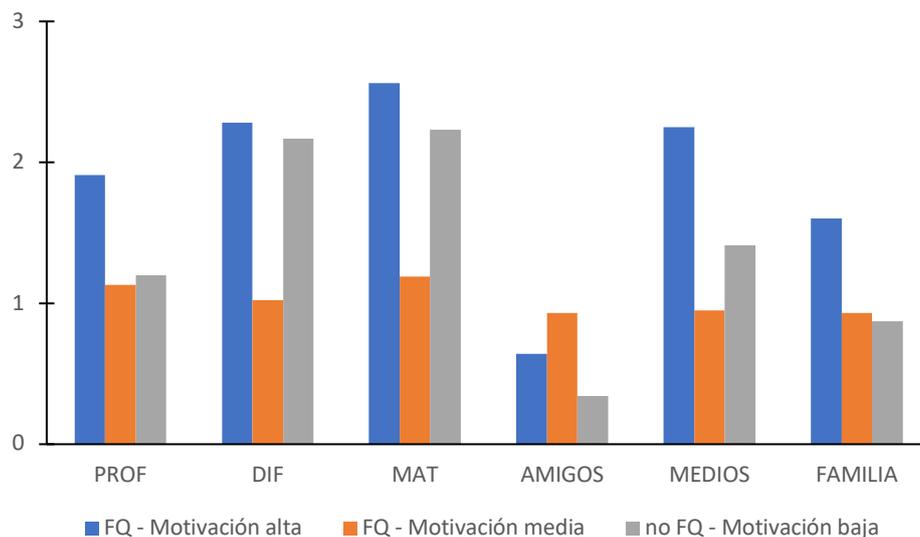
En la Figura 6, se recogen gráficamente las medias de las diferentes atribuciones causales investigadas, desagregadas según los tres grupos de estudiantes generados por

Principales resultados y discusión

el análisis de conglomerados. Como se puede apreciar en el gráfico, los menores valores medios se dan, en los tres grupos, en el caso de las atribuciones a los amigos. Por el contrario, los niveles de atribución más altos se localizan en la relación de la asignatura con las matemáticas. Este último resultado es consistente con otras investigaciones que encontraron que las percepciones de los estudiantes sobre las opciones científicas están relacionadas con su conexión con las matemáticas (Semela, 2010; Slavin, 2008; Zeldin et al., 2008). Por otro lado, las atribuciones más bajas se han encontrado en los estudiantes de motivación media hacia la Física y Química. Además, en estos estudiantes, que podríamos caracterizar por su motivación y rendimiento académico en la asignatura como estudiantes en riesgo de abandono, ninguna de las atribuciones destaca por encima de las demás (ver Artículo III).

Figura 6

Comparación de las atribuciones causales de los estudiantes sobre su decisión de continuar o no cursando la asignatura de Física y Química.



Nota: atribuciones al profesorado y a la metodología de aula (PROF), a la dificultad percibida de la asignatura por parte de los estudiantes (DIF), a la relación de la asignatura con las matemáticas (MAT), a los amigos (AMIGOS), a la familia (MEDIOS) y al efecto de los medios de comunicación (FAMILIA) (medidas en una escala de 0 a 4).

La comparación de medias utilizando el análisis de la varianza, ha permitido encontrar diferencias significativas entre los tres grupos de estudiantes en función de

su motivación. Las atribuciones al profesor y su metodología de aula fueron más altas en el caso de los estudiantes motivados hacia la asignatura, a pesar de que estos últimos son los que tienen los niveles más altos auto-eficacia y auto-determinación de toda la muestra (Ardura & Pérez-Bitrián, 2018). Por su parte las atribuciones a la dificultad de la asignatura también son importantes, tanto en estudiantes con motivación alta, como en aquellos con motivación baja que decidieron abandonar la asignatura. Es interesante advertir que estas atribuciones correlacionan con las referidas al profesorado y su metodología en el aula. Éstos resultados se alinean con una investigación previa que encontró que la dificultad percibida de los estudiantes se minimiza cuando el profesorado suministra orientaciones que generan autonomía entre los estudiantes (Patall et al., 2018).

Por otro lado, nuestros resultados apuntan a un efecto importante del entorno social del alumnado. Este efecto se da especialmente en los estudiantes altamente motivados que presentan unas atribuciones a la familia superiores a las de los otros dos grupos. Éstos hallazgos indican que solo los primeros están altamente influenciados por sus familias cuando se trata de tomar este tipo de decisiones, resultado que se alinea con estudios previos en este campo (Rice et al., 2013). En la Figura 6 se puede apreciar cómo este efecto disminuye en estudiantes de motivación media y baja. Por su parte, las atribuciones a los amigos presentan los niveles más bajos de todas ellas. Pese a esto, parece interesante destacar que, en el caso de los estudiantes de motivación media, el efecto de los amigos es competitivo con el resto de las atribuciones. Sin embargo, este no es el caso del resto de los estudiantes. Parece, por tanto, que la influencia de los iguales es particularmente importante cuando no existen otras razones de mayor peso para tomar la decisión.

Por último, las atribuciones a los medios de comunicación fueron mayores en estudiantes altamente motivados que en los de motivación media y baja y, presentando estas diferencias el mayor tamaño del efecto entre todas las atribuciones. Este resultado contrasta con un estudio previo en el contexto español en el que se encontró los programas de televisión relacionados con la ciencia no tienen un efecto positivo en las actitudes de los estudiantes hacia la asignatura (de Moya Guirao & García Molina, 2013).

El análisis de regresión logística multinominal permitió investigar el papel de las diferentes atribuciones como predicadores de la elección de los estudiantes. Este

Principales resultados y discusión

análisis facilitó la elaboración de dos modelos que tuvieron como referencia el grupo de estudiantes que había abandonado la asignatura una vez que pasó a ser optativa. Los modelos predicen, respectivamente, la probabilidad de inclusión de los estudiantes en los grupos de motivación alta y media, que son aquellos que se decantan por elegir la asignatura. En la Figura 7 se muestran el *odds ratio* de cada una de las atribuciones causales consideradas en la investigación. Como se puede apreciar los dos modelos tienen tanto rasgos comunes como otros que los diferencian.

Figura 7

Representación de los modelos de regresión logística multinomial.



Nota: atribuciones al profesorado y a la metodología de aula (PROFESOR), a la dificultad percibida de la asignatura por parte de los estudiantes (DIFICULTAD), a la relación de la asignatura con las matemáticas (MAT), a los amigos (AMIGOS), a la familia (MEDIOS) y al efecto de los medios de comunicación (FAMILIA). Las flechas a trazos indican que esas atribuciones no fueron predictores significativos de la elección.

Los dos modelos tienen en común que las atribuciones a la familia, el profesorado y su metodología son predictores positivos de la elección de Física y Química por parte de los estudiantes. Estos resultados apuntan a que, cuando los estudiantes atribuyen su decisión a la familia o al profesorado, la probabilidad de que elijan la asignatura se incrementa. Investigaciones anteriores apuntan, en la misma línea, a que el apoyo social percibido estimula la motivación de los estudiantes y las actitudes positivas hacia la ciencia (Mujtaba & Reiss, 2014; Nugent et al., 2015; Rice et al., 2013; Stake, 2006) y, consecuentemente, sus intenciones de continuar sus estudios

es las opciones científicas (Sha et al., 2015; Simpkins et al., 2006). Por otro lado, las atribuciones a la dificultad son predictores significativos y negativos de la elección de Física y Química por parte del alumnado en ambos grupos. Por tanto, un incremento en este tipo de atribuciones provocaría un mayor índice de deserción en los estudiantes.

Los dos modelos presentan diferencias en la repercusión de las atribuciones en la elección de los estudiantes. En primer lugar, para los estudiantes altamente motivados, tanto la relación con las matemáticas como las atribuciones a sus amistades, no son predictores significativos de la elección que realizan. Sin embargo, para los estudiantes con motivación media ambos tipos de atribuciones son predictores significativos de su elección. De acuerdo con estos hallazgos, el efecto de los iguales podría ser importante en este tipo de alumnado debido a que, como se mencionó anteriormente, ninguna de las atribuciones incluidas en nuestro estudio destaca por encima de las demás. En esa situación, parece que el consejo de los amigos incrementa la probabilidad de que los estudiantes se decanten por cursar Física y Química (Vedder-Weiss & Fortus, 2012). En segundo lugar, las atribuciones a la relación con las matemáticas, también son un predictor significativo y negativo de la elección únicamente en el caso de los estudiantes con motivación media. Parece, por tanto, que para ellos, el hecho de hacer atribuciones a este aspecto, los retrae de seguir en las opciones científicas. Este hecho se alinea con algunos resultados previos tanto en la escuela secundaria (Brown et al., 2016; Huang et al., 2019) como a nivel universitario (Zeldin et al., 2008). En tercer lugar, nuestros análisis han revelado que las atribuciones a los medios de comunicación son un predictor significativo de la elección solo en el caso de los estudiantes con motivación alta. Este hallazgo permite profundizar en un efecto que para estudios anteriores no era concluyente (Bennett et al., 2013; Cerinsek et al., 2013) y podría deberse a que la motivación intrínseca juega un papel importante como variable mediadora entre las atribuciones a los medios y la elección que finalmente hacen los estudiantes. Es decir, para que los medios de divulgación científica tengan un efecto en las decisiones de los estudiantes, estos posiblemente deban estar previamente intrínsecamente motivados hacia la asignatura.

4.3. Efecto de los enfoques de aprendizaje en el rendimiento

El **objetivo O₆** del presente trabajo plantea el estudio del efecto de los enfoques de aprendizaje y la autoeficacia para el aprendizaje en el rendimiento de los estudiantes de secundaria. En este apartado se recogen los principales resultados relacionados con ellos que se presentan en detalle en el Artículo IV del compendio de publicaciones.

4.3.1. Enfoques de aprendizaje en estudiantes de secundaria

Generalmente, los estudios sobre los enfoques de aprendizaje publicados hasta la fecha, se centran en una descripción general de los enfoques superficial y profundo sin distinguir los efectos por separado de las subescalas motivo y estrategia en cada uno de ellos (García et al., 2016; Janeiro et al., 2017). Sin embargo, nuestros análisis han revelado que es importante considerar estas subescalas. Por ejemplo, la puntuación correspondiente al enfoque profundo motivo es significativamente superior al del enfoque profundo estrategia en estudiantes de secundaria. Por otra parte, en el caso de los enfoques superficiales es la subescala de estrategia en la que se obtiene una mayor puntuación en comparación con la subescala motivo, siendo el tamaño del efecto considerablemente más importante en esta última diferencia. Los niveles de los enfoques de aprendizaje encontrados en nuestra muestra contrastan con los de otros trabajos en los que la muestra estaba conformada por estudiantes de secundaria suecos (Rosander & Bäckström, 2012) o taiwaneses (Lee et al., 2008). Por tanto, el contexto o incluso la cultura podrían tener un efecto importante en los enfoques con los que los estudiantes abordan su aprendizaje.

4.3.2. Efectos de los enfoques de aprendizaje en el rendimiento en Física y Química

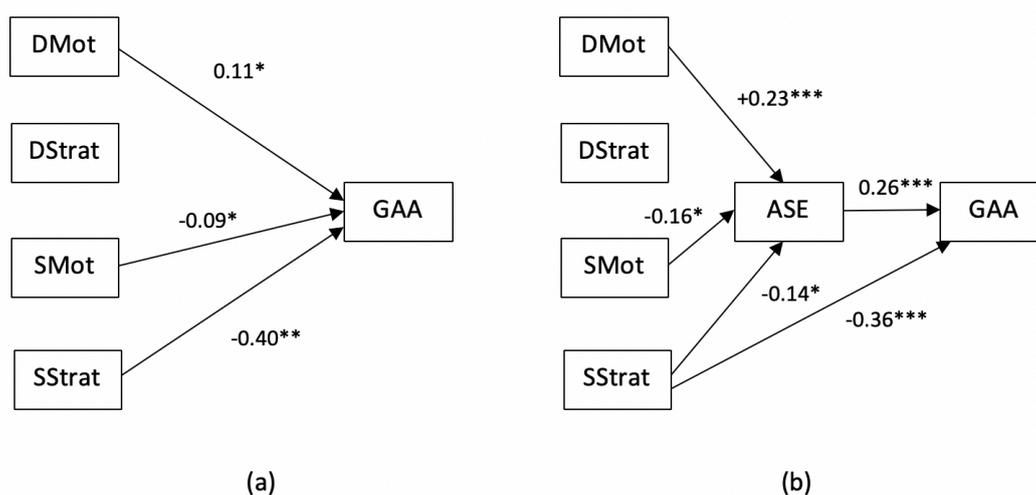
Nuestro estudio ha revelado que existen correlaciones negativas entre los enfoques superficial y profundo, en línea con algunos estudios anteriores (García et al., 2016; Janeiro et al., 2017; Yin et al., 2016). Los enfoques superficiales presentaron correlaciones negativas con la autoeficacia y el rendimiento, mientras que, en el caso de los profundos, estas fueron positivas. Estos hallazgos han sido corroborados por los análisis de la varianza que detectaron que, en líneas generales, los estudiantes con niveles bajos en los enfoques superficiales presentan un mejor rendimiento. Por su parte, los estudiantes con enfoques profundos motivo elevados, muestran un

rendimiento mejor que aquellos con enfoques profundos bajos. Es interesante observar que este efecto no se da en el enfoque profundo estrategia y que el tamaño de los efectos observados fue mayor cuando los enfoques superficiales se utilizaron como variables categóricas que cuando se utilizaron los enfoques profundos para este propósito.

En la línea de otros estudios anteriores, nuestros modelos de ecuaciones estructurales han confirmado que la autoeficacia es un buen predictor del rendimiento académico (De Clercq et al., 2013; Evans, 2014; Jansen et al., 2015). Por otro lado, el enfoque de aprendizaje superficial motivo fue el predictor directo más importante del rendimiento. Éste último resultado se había encontrado previamente en un estudio en el contexto del aprendizaje de las matemáticas, a nivel de educación primaria, en el que se demostró que tan solo el enfoque superficial es un predictor significativo del rendimiento en esa asignatura (García et al., 2016). El mismo efecto también se detectó en estudiantes universitarios (de la Fuente et al., 2008; Schneider & Preckel, 2017). Por otra parte, se encontraron también correlaciones significativas, aunque menos importantes, entre los enfoques superficial estrategia y profundo motivo con el rendimiento (ver Figura 8a).

Figura 8

Efectos de los enfoques de aprendizaje en el rendimiento (a) y efecto de la autoeficacia en el modelo (b).



Nota: DMot: enfoque profundo motivo; DStrat: enfoque profundo estrategia; SMot: enfoque superficial motivo; SStrat: enfoque superficial estrategia; ASE: autoeficacia académica; GAA: rendimiento académico
 * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

4.3.3. El papel de la autoeficacia

Diferentes estudios previos han demostrado que la autoeficacia es una variable mediadora entre constructos relevantes en educación como, por ejemplo, los cinco grandes rasgos de la personalidad y el rendimiento académico (Stajkovic et al., 2018). En esta misma línea, en uno de los trabajos que componen esta tesis, se pudo demostrar que esta variable facilita los efectos indirectos entre algunos rasgos motivacionales como pueden ser la motivación intrínseca o la autodeterminación y el rendimiento de los estudiantes (Ardura & Pérez-Bitrián, 2019) (ver Artículo II del compendio de publicaciones). Por su parte, en nuestro cuarto estudio empírico hemos encontrado que la autoeficacia es también una variable mediadora entre los enfoques de aprendizaje de los estudiantes y su desempeño (ver Artículo IV del compendio de publicaciones). En particular, facilita los efectos indirectos del enfoque profundo motivo y el superficial motivo y, parcialmente, el del enfoque superficial estrategia (ver Figura 8b). Este hallazgo viene a complementar un estudio anterior en el que se había relacionado la alta autoeficacia con el uso de los enfoques profundos, mientras para estudiantes con baja autoeficacia se observa que existe una mayor probabilidad de adoptar un enfoque superficial (Prat-Sala & Redford, 2010).

4.4. Efectos del sexo

El rendimiento académico parece verse afectado por el sexo de los estudiantes. Por ejemplo, a nivel de educación secundaria, se ha observado que las chicas tienen a rendir por encima de los chicos (Fischer et al., 2013). En muchas ocasiones, se han utilizado argumentos para explicar estas diferencias, que descansan sobre constructos psicológicos como los que se investigan en este trabajo (Choi, 2005; Louis & Mistele, 2012; Vogel & Human-Vogel, 2016). En este apartado se resumen los resultados de la tesis relacionados con el efecto del sexo (**objetivo O₇**) recogidos en detalle en los artículos del compendio de publicaciones (ver Artículos I, II y IV).

4.4.1. Efecto del sexo en el rendimiento

Nuestros estudios empíricos han permitido encontrar diferencias significativas según el sexo en favor de las chicas, tanto en el rendimiento académico general, como en el

rendimiento en Física y Química en particular (ver Artículos I y IV del compendio de publicaciones). En ambos estudios se han encontrado tamaños del efecto similares. En general, existen muchas evidencias anteriores en la línea de nuestros resultados (Fischer et al., 2013; Mohammadpour, 2013; Rosander & Bäckström, 2012; Voyer & Voyer, 2014). En este punto es importante tener presente la complejidad del problema ya que, en investigaciones previas, se ha puesto de manifiesto que los procedimientos de evaluación podrían ser claves a la hora de explicar las diferencias encontradas en el rendimiento según el sexo (Bell, 2001; Else-Quest et al., 2010). Es interesante advertir que, en el caso del rendimiento en Física y Química, la opción elegida por el estudiante parece clave: mientras que en el caso del alumnado que opta por Física y Química existen diferencias significativas en función del sexo, entre aquellos que no lo hacen, no se han detectado.

4.4.2. Efecto del sexo en la motivación

Nuestros análisis han revelado la existencia de diferencias según el sexo en la autodeterminación de los estudiantes a favor de las chicas, independientemente de la opción elegida (ver Artículo I del compendio de publicaciones). Estos resultados están en la línea de los encontrados por Glynn et al. (2011) en estudiantes universitarios. Sin embargo, algunos efectos del sexo han demostrado ser específicos del hecho de que los estudiantes hayan elegido o no la asignatura de Física y Química. Por ejemplo, en línea con los hallazgos de Salta y Koulougliotis (2015), en el grupo que opta por cursar Física y Química, las chicas se muestran más motivadas hacia las calificaciones que los chicos. Por contra, en este mismo grupo, no se han encontrado diferencias significativas según el sexo en la motivación intrínseca a favor de las chicas, en contraste con los resultados presentados en este mismo trabajo de Salta y Koulougliotis (2015). Por otro lado, en el caso del grupo de estudiantes que se decanta por no cursar Física y Química, los chicos muestran una motivación hacia la carrera científica más baja que las chicas.

El resto de variables motivacionales no se ven afectadas por el sexo de los adolescentes. Es interesante advertir que la ausencia de efectos del sexo en la autoeficacia de los estudiantes encontrado en el artículo I, se confirmó en la muestra empleada en el artículo IV. Este resultado contrasta con el hallazgo de Glynn et al. (2011) que, en una comparación entre estudiantes universitarios de carreras científicas y no

científicas, encontraron diferencias según el sexo en la autoeficacia en favor de los chicos en ambos grupos de estudiantes.

El análisis multi-grupo de los modelos de ecuaciones estructurales para cada uno de los tres grupos de estudiantes encontrados mediante el análisis de clúster, demostró su invariancia según el sexo. La principal diferencia se observa en el modelo para los estudiantes que optan por la asignatura y que tienen motivación alta. En este caso, el modelo explica un 24 % de la varianza en el caso de los chicos, pero tan solo un 8 % de la misma en el caso de las chicas. En vista de estos resultados, a la hora de explicar el rendimiento, la motivación parece más importante en el caso de los primeros, que en el de las segundas.

4.4.3. Efecto del sexo en los enfoques de aprendizaje

En los enfoques de aprendizaje de los estudiantes de la muestra tan solo se han encontrado diferencias según el sexo en la subescala de aprendizaje superficial motivo, ya que las chicas presentan un nivel más bajo que los chicos, con un tamaño del efecto moderado. Este hallazgo parece particularmente relevante para explicar las diferencias según el sexo ya que, es precisamente este enfoque, el que se ha revelado como el mejor predictor del desempeño de los estudiantes. La diferencia significativa en el enfoque superficial motivo, podría estar relacionado con un mayor interés en las chicas por la asignatura. A su vez, este interés enlazaría con una mejor actitud de las chicas hacia la ciencia, como ya se ha encontrado algún trabajo anterior (Akpınar et al., 2009). Los resultados de nuestra investigación contrastan con los de Rosander y Bäckström (2012), que encontraron que las chicas tienen niveles más altos que los chicos en la subescala superficial motivo.

El análisis multi-grupo de los modelos de ecuaciones estructurales permitió comprobar que los datos recogidos se ajustaron al modelo propuesto con independencia del sexo. Sin embargo, la comparación por pares de los coeficientes de correlación indicó que la autoeficacia es un mejor predictor del rendimiento en el caso de los chicos que en el de las chicas.

5. CONCLUSIONS AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS

Conclusions and educational implications

As a summary, and in line with the previously stated aims of the present work, the main conclusions of our study are presented in this section. Each conclusion is followed by its main educational implications.

Objective 1 (O₁): To translate, adapt and validate the Science Motivation Questionnaire II to the Physics and Chemistry secondary school students' Spanish population.

Conclusion 1. Our investigation allowed the adaptation and validation of the Spanish version of the Science Motivation Questionnaire II to the context of Physics and Chemistry at a secondary school level.

This part of our work broadens the applicability of the Science Motivation Questionnaire II to the Spanish speaking educational community as a research tool. This contribution will hopefully allow the possibility of measuring the secondary school students' motivational traits towards Physics and Chemistry. In turn, this can lead to a better understanding of students' motivation and an opportunity to develop more effective teaching and learning strategies in the classrooms. Besides, we also expect that the instrument can be used as a diagnosing tool by both teachers and school counselors.

Objective 2 (O₂): To describe the motivational levels towards Physics and Chemistry of secondary school students.

Conclusion 2. Our analyses revealed that the Spanish students present the highest motivational levels in motivation towards grades, self-determination and self-efficacy. In turn, the lowest levels were found in motivations for a future career in the fields of Physics or Chemistry and students' intrinsic motivation.

Given the relevance of motivation uncovered in this PhD Thesis and in other studies, it can be interesting for researchers and practitioners to design didactic models which were able to increase and modulate the levels of motivation found in our work.

This could be particularly important in the case of students who are at risk of leaving the subject when it becomes optional.

Objective 3 (O₃): To analyze the role of academic achievement and the secondary school students' motivational traits on the choice of Physics and Chemistry once the subject becomes optional in the Spanish educational system.

Conclusion 3. Career motivation was the best predictor of students' decision to opt for the subject when it becomes optional in the Spanish educational system, even above the previous academic achievement in the subject.

In view of this result, it seems crucial to help students, by providing information related to future scientific career options. Consequently, it could be helpful to use some of the methods that have been proven to be effective for this purpose. For instance, career-related examples can be incorporated into the core curriculum instruction (Orthner et al., 2013). Besides, it can be useful to connect scientific subjects with students' everyday life (Potvin & Hasni, 2014). For this purposes, it is important to bear in mind that this type of actions may not be straightforward and, therefore, they should be carefully addressed (Salonen et al., 2018).

Objective 4 (O₄): To analyze the effect of the motivational traits on secondary school students' academic achievement in Physics and Chemistry distinguishing between students who opt out the subject and those who opt for it.

Conclusion 4. A different role of the motivational traits was found. Whereas self-efficacy and grade motivation are direct predictors of academic achievement, intrinsic motivation, self-determination, and career motivation are indirect predictors of performance in Physics and Chemistry.

Conclusion 5. In terms of their motivational traits, secondary school students can be classified into three different profiles: highly motivated students who choose the subject when it becomes optional, averaged motivated students who choose the subject and students who opt out the subject and are poorly motivated.

Conclusions and educational implications

In light of our results, teachers can help students to improve their performance by increasing their motivational levels as the latter can be changed through the appropriate pedagogical approaches (Hulleman et al., 2016). Besides, improving students' performance and motivation, in particular career motivation and self-efficacy, will lead to a higher retention in the scientific tracks.

A careful analysis of the three motivational profiles found in our work can help diversity outreach in a grounded way. Grade motivation and self-efficacy are particularly important for two reasons. First, both constructs are the best predictors of performance and, second, both of them ease indirect effects of the rest of the motivational traits. Therefore, practitioners should pay special attention to them when designing their teaching strategies.

Our models should prompt schools to embody, in their curricula, actions to promote self-determination among their students, being this suggestion particularly important in the case of the low motivated ones (Carter et al., 2008; Gaumer Erickson et al., 2015). However, this construct is not usually considered at schools (Wehmeyer et al., 2000). A possible way of developing self-determination would be to provide them with tools to ease their autonomy, shifting from teacher-center to student-centered approaches (Black & Deci, 2000; León et al., 2015).

Finally, our analysis identified a group of students who, having opted for the subject could be at risk of abandonment as they display medium levels of achievement and motivation towards the subject. Therefore, the aforementioned guidelines could be particularly relevant to avoid their future drop-out from the scientific options.

Objective 5 (O₅): To investigate the secondary school students' causal attributions on their decision of choosing or abandon Physics & Chemistry when it first becomes optional as a function of their motivation for the subject.

Conclusion 6. Attributions to family, teachers and their teaching methodology and difficult are significant predictors of the students' choice of Physics & Chemistry when it turns into optional in the Spanish educational system.

Conclusion 7. Students' attributions to the subject relationship with mathematics, to media and to friends are motivation-dependent.

With our findings in mind, a set of common suggestions for all the students can be given. First, given the relevance of attributions to family, schools should strengthen the bonds with the students' families. This collaboration would indeed improve the quality and intensity of the counseling the students receive, providing supporting environments when the choice has to be made. Second, since the role of teachers seems to be key, schools and administrations must encourage continuous training among teachers. This would lead to an increase in the in the standards of science education that, in view of our findings would ease students' uptake in the science pipeline.

Finally, as some of the predictors are motivation-dependent, a set of specific counselling actions could be designed by schools. First, our study shows how at-risk (i.e. average-motivated) students' lack of good reasons to make the decision. For this reason, those are the ones who needs counselling the most. For instance, schools should work on social interactions between students since, for these students, peers have been shown to be relevant when it comes to make the decision. Besides, the impact of the subjects' relationship with mathematics found, should lead to a collaborative work among science and mathematics teachers to trigger students' transfer knowledge between the two subjects (Pospiech et al., 2019). Finally, for media to have an impact on at risk of abandonment students' retention, work on students' intrinsic motivation has to be done.

<p>Objective 6 (O₆): To study the role of learning approaches and self-efficacy on secondary school students' academic achievement.</p>

Conclusion 8. Surface motive approach to learning is the best predictor of academic achievement.

Conclusion 9. Self-efficacy is a mediating variable between surface strategy and deep motive learning approaches and academic achievement.

Conclusions and educational implications

Although learning approaches are relatively stable, they can also be improved and modulated by the discipline, the students' perception of the subject or their perceived need at every moment (Struyven et al., 2006). Our findings suggest that teaching strategies should be aimed at reducing the surface approaches and at increasing the deep approaches to learning.

For its part, our ninth conclusion supports that science teachers should not only work on the modulation of their students learning approaches but also on their self-efficacy as this construct seems to be a bottleneck between the approaches and performance. Several previous studies have proven the potential of science education to develop relevant individual constructs like the ones involved in our investigation (FitzPatrick & Schulz, 2015; Tal & Tsaushu, 2018). To this aim, working on students' metacognitive skills has been proposed as a possible path (Zepeda et al., 2015). In this same fashion, the students' work on their own mistakes (Safadi & Saadi, 2019; Zamora et al., 2018c, 2018a, 2018b; Zamora & Ardura, 2014) and misconceptions (Chen, 2011) have been proven to be effective pedagogical resources. This type of tasks can lead to enhance deep approaches and self-regulated learning rising students' sense of control which, in turn, would increase their self-efficacy.

Objective 7 (O₇): To study the effect of gender on secondary school students' academic achievement in Physics and Chemistry, on their motivational profiles and on their learning approaches.

Conclusion 10. Secondary school girls outperform boys both in Physics and Chemistry and in their general performance.

Conclusion 11. Secondary school girls display higher levels of self-determination than boys, lower levels of surface motive learning approaches than their gender counterparts and, those girls who opt for Physics and Chemistry, a higher motivation for grades.

Conclusion 12. Despite the fact that no gender differences were found in self-efficacy, this trait was a better predictor of academic performance in the case of boys than in the case of girls.

In light of these conclusions, there is a general secondary school girls' advantage in academic achievement, motivation, and learning approaches. These findings suggest that the minor uptake of female students in science university courses may not be related neither to prior performance in science nor to motivation towards science. Consequently, this research topic should be addressed in a much broader way at the tertiary level.

The gender effects we found, point to some issues that could be relevant to improve boys' achievement compared to girls' performance. For instance, the aforementioned suggestions related to the promotion of self-determination or the modulation of the learning approaches could be particularly important in the case of boys. Therefore, the design of these actions should take these sex effects into account.

6. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

Los conocimientos generados por nuestra investigación están sujetos a ciertas limitaciones que conviene tener presentes a la hora de interpretar y valorar el alcance de los nuevos hallazgos (McMillan & Schumacher, 2005).

En primer lugar, el hecho de que la investigación educativa se centra en humanos, tiene implicaciones considerables en la aplicación del método científico. Por ejemplo, en el transcurso de nuestros estudios empíricos hemos medido variables intrapsíquicas a través de auto-informes, por lo que los datos que se manejan pueden estar afectados por percepciones distorsionadas de los participantes sobre sí mismos o por la deseabilidad social (pese a que estos efectos indeseables se hayan tratado de minimizar al máximo en el diseño de los instrumentos). Por otro lado, la medida del rendimiento académico, se ha llevado a cabo a través de las calificaciones otorgadas a los estudiantes por sus profesores. Aunque existe un amplio debate sobre la medida del rendimiento en la comunidad científica, nuestro procedimiento presenta la ventaja de que obtenemos esa variable después de una evaluación que se prolonga a lo largo de todo el curso. Por otro lado, presenta el inconveniente de que podría existir un sesgo por el conocimiento del estudiante por parte del docente o una dependencia con la orientación que este último le da a la evaluación. Como propuesta para futuros trabajos propondríamos el uso de pruebas estandarizadas para medir el rendimiento de los estudiantes, lo que nos permitiría hacer una evaluación de nuestros resultados en este sentido.

En segundo lugar, nuestro diseño de investigación tiene naturaleza no experimental y, por tanto, se basa en las correlaciones entre variables. En consecuencia, no se han manipulado variables independientes. La principal limitación de este diseño es la imposibilidad de establecer relaciones causales entre las variables implicadas. Por tanto, nuestros hallazgos deben ser entendidos como un punto de partida para futuros trabajos de corte experimental que permitan establecer dichas relaciones de naturaleza causal.

En tercer lugar, y centrándonos específicamente en el estudio del abandono de la asignatura de física y química, nuestro trabajo ha permitido discutir el efecto de las variables motivacionales y de desempeño académico. Sin embargo, existen estudios que han demostrado la complejidad de este tipo de problema y su naturaleza multifacética (Bennett et al., 2013; Lyons, 2006; Rocard et al., 2007; Solbes, 2011; Solbes et al., 2007).

Por esta razón, sería conveniente incorporar, en sucesivas investigaciones, otras variables que nos permitan mejorar el poder explicativo de nuestros modelos de abandono y de rendimiento. Paralelamente, se podrían complementar los estudios cuantitativos presentados en nuestro trabajo, con otros de naturaleza cualitativa, con el fin de obtener una comprensión más profunda del fenómeno estudiado.

En cuarto lugar, como se indicó en la introducción, la transición de 3º a 4º de ESO no es el único momento en el que los estudiantes se ven en la posición de elegir o no continuar con sus estudios de Física y Química. En los siguientes cursos, también se observan porcentajes de abandono de estas asignaturas que sería conveniente analizar en futuras investigaciones sobre el tema.

En quinto lugar, y dada la escasa correspondencia en la comparación de los niveles de los rasgos motivacionales y los enfoques de aprendizaje entre distintos países, sería conveniente estudiar los efectos encontrados en nuestro trabajo a nivel internacional.

Finalmente, podría existir una dependencia del tipo de evaluación al que está acostumbrado el estudiante y los enfoques de aprendizaje que utiliza. Convendría, por tanto, estudiar este efecto, pues la evaluación podría constituir una forma de modular los enfoques, lo que, a su vez, se podría incorporar a los nuevos modelos didácticos para ayudar al estudiante en su aprendizaje.

7. REFERENCIAS

Referencias bibliográficas

- Acar, Ö., Türkmen, L., & Bilgin, A. (2015). Examination of Gender Differences on Cognitive and Motivational Factors that Influence 8th Graders' Science Achievement in Turkey. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 1027–1040. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1372a>
- Aeschlimann, B., Herzog, W., & Makarova, E. (2016). How to foster students' motivation in mathematics and science classes and promote students' STEM career choice. A study in Swiss high schools. *International Journal of Educational Research*, 79, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.06.004>
- Ainley, J., Kos, J., & Nicholas, M. (2008). *Participation in science, mathematics and technology in Australian education*. ACER.
- Akpınar, E., Yildiz, E., Tatar, N., & Ergin, Ö. (2009). Students' attitudes toward science and technology: An investigation of gender, grade level, and academic achievement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2804–2808. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.498>
- Albert Pérez, A. (2017). *Evaluación del aprendizaje autorregulado: Validación del Motivated Strategies Learning Questionnaire en educación secundaria [Self-regulated learning assessment: Validation of the Motivated Strategies Learning Questionnaire in secondary education]* [Doctoral dissertation]. Universidad de Valencia.
- Ames, C., & Archer, J. (1988). Achievement Goals in the Classroom: Students' Learning Strategies and Motivation Processes. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 260–267.
- Anderhag, P., Emanuelsson, P., Wickman, P.-O., & Hamza, K. M. (2013). Students' Choice of Post-Compulsory Science: In search of schools that compensate for the socio-economic background of their students. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3141–3160. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.696738>
- Andrew, S. (1998). Self-efficacy as a predictor of academic performance in science. *Journal of Advanced Nursing*, 27(3), 596–603.
- Arbuckle, J. L. (2010). *SPSS (version 19.0) [Computer program]*. SPSS.
- Ardura, D., & Galán, A. (2019). The interplay of learning approaches and self-efficacy in secondary school students' academic achievement in science. *International Journal of Science Education*, 41(13), 1723–1743. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638981>
- Ardura, D., & Pérez-Bitrián, A. (2018). The effect of motivation on the choice of chemistry in secondary schools: Adaptation and validation of the Science Motivation Questionnaire II to Spanish students. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 905–918. <https://doi.org/10.1039/C8RP00098K>
- Ardura, D., & Pérez-Bitrián, A. (2019). Motivational pathways towards academic achievement in physics & chemistry: A comparison between students who opt out and those who persist. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 618–632. <https://doi.org/10.1039/C9RP00073A>
- Ardura, D., Zamora, Á., & Pérez-Bitrián, A. (2020). The role of motivation on secondary school students' causal attributions to choose or abandon chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, (en prensa).
- Austin, A. C., Hammond, N. B., Barrows, N., Gould, D. L., & Gould, I. R. (2018). Relating motivation and student outcomes in general organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 331–341. <https://doi.org/10.1039/C7RP00182G>
- Avargil, S., Kohen, Z., & Dori, Y. J. (2020). Trends and perceptions of choosing chemistry as a

- major and a career. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 668–684. <https://doi.org/10.1039/C9RP00158A>
- Awodun, A. O., Oni, S. A., & Aladejana, A. L. (2014). Students' Variables as Predictor of Secondary School Students' Performance in Physics. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(8), 541–545.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In R. J. Corsini (Ed.), *Encyclopedia of psychology* (2nd ed., Vol. 3, pp. 368–369). Wiley.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Bandura, A. (2001). Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1–26.
- Bandura, A. (2006). Adolescent development from an agentic perspective. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (Vol. 5, pp. 1–43). IAP - Information Age Publishing.
- Bandura, A. (2012). Social Cognitive Theory. In P. A. M. van Lange, A. W. Kruglanski, & E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of Theories of Social Psychology* (Vol. 1, pp. 349–373). Sage.
- Beins, B. C. (2017). *Research Methods: A Tool for Life*. Cambridge University Press.
- Bell, J. F. (2001). Investigating gender differences in the science performance of 16-year-old pupils in the UK. *International Journal of Science Education*, 23(5), 469–486. <https://doi.org/10.1080/09500690120123>
- Bennett, J., Lubben, F., & Hampden-Thompson, G. (2013). Schools That Make a Difference to Post-Compulsory Uptake of Physical Science Subjects: Some comparative case studies in England. *International Journal of Science Education*, 35(4), 663–689. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.641131>
- Biggs, J. (1987). *Student Approaches to Learning and Studying*. Australian Council for Educational Research.
- Biggs, J., Kember, D., & Leung, D. Y. P. (2001). The revised two-factor Study Process Questionnaire: R-SPQ-2F. *British Journal of Educational Psychology*, 71(1), 133–149. <https://doi.org/10.1348/000709901158433>
- Bisquerra, R. (2012). *Metodología de la investigación educativa* (3ª Edición). La Muralla.
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The Effects of Instructors' Autonomy Support and Students' Autonomous Motivation on Learning Organic Chemistry: A Self-Determination Theory Perspective. *Science Education*, 84(6), 740–756. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<740::AID-SCE4>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<740::AID-SCE4>3.0.CO;2-3)
- Blanco, A., Prieto, L., Torre, J. C., & García, M. (2009). *Adaptación, validación y evaluación de la invarianza factorial del cuestionario revisado de procesos de estudio (R-SPQ-2F) en distintos contextos culturales: Diseño del estudio y primeros resultados [Adaptation, validation and evaluation of the factorial invariance of the revised questionnaire of the study processes (R-SPQ-2F) in different cultural contexts: Study design and first results]*. 1535–1543.
- Blanco-López, Á., España-Ramos, E., González-García, F. J., & Franco-Mariscal, A. J. (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: A Delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164–198. <https://doi.org/10.1002/tea.21188>

Referencias bibliográficas

- Bøe, M. V., Henriksen, E. K., Lyons, T., & Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: Young people's achievement-related choices in late-modern societies. *Studies in Science Education*, 47(1), 37–72. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.549621>
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. Wiley.
- Boz, Y., Yerdelen-Damar, S., Aydemir, N., & Aydemir, M. (2016). Investigating the relationships among students' self-efficacy beliefs, their perceptions of classroom learning environment, gender, and chemistry achievement through structural equation modeling. *Research in Science & Technological Education*, 34(3), 307–324. <https://doi.org/10.1080/02635143.2016.1174931>
- Britner, S. L. (2008). Motivation in High School Science Students: A Comparison of Gender Differences in Life, Physical, and Earth Science Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 955–970. <https://doi.org/10.1002/tea.20249>
- Broman, K., & Simon, S. (2015). Upper Secondary School Students' Choice and Their Ideas on How to Improve Chemistry Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1255–1278.
- Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 971–1002. <https://doi.org/10.1002/tea.20241>
- Brown, P. L., Concannon, J. P., Marx, D., Donaldson, C., & Black, A. (2016). An Examination of Middle School Students' STEM Self-Efficacy, Interests and Perceptions. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 17(3). <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/2137>
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. (2011). Motivation, Achievement, and Advanced Placement Intent of High School Students Learning Science. *Science Education*, 95(6), 1049–1065. <https://doi.org/10.1002/sce.20462>
- Bunce, D. M., Komperda, R., Dillner, D. K., Lin, S., Schroeder, M. J., & Hartman, J. R. (2017). Choice of Study Resources in General Chemistry by Students Who Have Little Time To Study. *Journal of Chemical Education*, 94(1), 11–18. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00285>
- Carter, E. W., Lane, K. L., Pierson, M. R., & Stang, K. K. (2008). Promoting Self-Determination for Transition-Age Youth: Views of High School General and Special Educators. *Exceptional Children*, 75(1), 55–70. <https://doi.org/10.1177/001440290807500103>
- Cavallo, A. M. L., Potter, W. H., & Rozman, M. (2004). Gender Differences in Learning Constructs, Shifts in Learning Constructs, and Their Relationship to Course Achievement in a Structured Inquiry, Yearlong College Physics Course for Life Science Majors. *School Science and Mathematics*, 104(6), 288–300.
- Cavallo, A. M. L., Rozman, M., Blickenstaff, J., & Walker, N. (2003). Learning, Reasoning, Motivation, and Epistemological Beliefs: Differing Approaches in College Science Courses. *Journal of College Science Teaching*, 33(3), 17–23.
- Cerasoli, C. P., Nicklin, J. M., & Ford, M. T. (2014). Intrinsic motivation and extrinsic incentives jointly predict performance: A 40-year meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 980–1008. <https://doi.org/10.1037/a0035661>
- Cerinsek, G., Hribar, T., Glodez, N., & Dolinsek, S. (2013). Which are my Future Career Priorities and What Influenced my Choice of Studying Science, Technology, Engineering or Mathematics? Some Insights on Educational Choice—Case of Slovenia. *International*

- Journal of Science Education*, 35(17), 2999–3025.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2012.681813>
- Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2008). Personality, intelligence and approaches to learning as predictors of academic performance. *Personality and Individual Differences*, 44(7), 1596–1603. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2008.01.003>
- Chan, J. Y. K., & Bauer, C. F. (2014). Identifying At-Risk Students in General Chemistry via Cluster Analysis of Affective Characteristics. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1417–1425. <https://doi.org/10.1021/ed500170x>
- Chen, L.-H. (2011). Enhancement of Student Learning Performance Using Personalized Diagnosis and Remedial Learning System. *Comput. Educ.*, 56(1), 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.015>
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K., & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin*, 143(1), 1–35. <https://doi.org/10.1037/bul0000052>
- Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in Science: A Comparison of Deep and Surface Approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109–138. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(200002\)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7)
- Chiou, G.-L., Lee, M.-H., & Tsai, C.-C. (2013). High school students' approaches to learning physics with relationship to epistemic views on physics and conceptions of learning physics. *Research in Science & Technological Education*, 31(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/02635143.2013.794134>
- Chiou, G.-L., & Liang, J.-C. (2012). Exploring the Structure of Science Self-efficacy: A Model Built on High School Students' Conceptions of Learning and Approaches to Learning in Science. *Asia-Pacific Education Researcher*, 21(1), 83–91.
- Choi, N. (2005). Self-efficacy and self-concept as predictors of college students' academic performance. *Psychology in the Schools*, 42(2), 197–205. <https://doi.org/10.1002/pits.20048>
- Cleaves, A. (2005). The formation of science choices in secondary school. *International Journal of Science Education*, 27(4), 471–486. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323746>
- Cleveland, L. M., Olimpo, J. T., & DeChenne-Peters, S. E. (2017). Investigating the Relationship between Instructors' Use of Active-Learning Strategies and Students' Conceptual Understanding and Affective Changes in Introductory Biology: A Comparison of Two Active-Learning Environments. *Cell Biology Education*, 16(2), ar19. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-06-0181>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7th ed.). Routledge.
- Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias. (2019). *Resultados académicos de la educación asturiana 2017/2018*. Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias.
- Cook, D. A., & Artino, A. R. (2016). Motivation to learn: An overview of contemporary theories. *Medical Education*, 50(10), 997–1014. <https://doi.org/10.1111/medu.13074>
- Cooper, C. I., & Pearson, P. T. (2012). A Genetically Optimized Predictive System for Success in General Chemistry Using a Diagnostic Algebra Test. *Journal of Science Education and Technology*, 21(1), 197–205. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9318-z>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3),

Referencias bibliográficas

- 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- de Charms, R. (1968). *Personal causation: The internal affective determinants of behaviour*. Academic Press.
- De Clercq, M., Galand, B., Dupont, S., & Frenay, M. (2013). Achievement among first-year university students: An integrated and contextualised approach. *European Journal of Psychology of Education, 28*(3), 641–662. <https://doi.org/10.1007/s10212-012-0133-6>
- de la Fuente, J., Pichardo, M. C., Justicia, F., & Berbén, A. (2008). Enfoques de aprendizaje, autorregulación y rendimiento en tres universidades europeas [Learning approaches, self-regulation and achievement in three European universities]. *Psicothema, 20*(4), 705–711.
- de Moya Guirao, E., & García Molina, R. (2013). ¿Hay correlación entre el interés por los programas televisivos con contenido científico y la actitud hacia la Física y Química de los estudiantes de 4º de ESO?: El caso de El Hormiguero (espacio de 'Flipy'). *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 10*(2), 159–174.
- Deci, E. L. (1980). *The psychology of self-determination*. D.C. Health.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration and personality. In R. A. Dienstbier (Ed.), *Nebraska symposium on motivation 1990* (Vol. 38, pp. 237–288). University of Nebraska Press.
- Denissen, J. J. A., Zarrett, N. R., & Eccles, J. S. (2007). I Like to Do It, I'm Able, and I Know I Am: Longitudinal Couplings Between Domain-Specific Achievement, Self-Concept, and Interest. *Child Development, 78*(2), 430–447.
- DeWitt, J., Archer, L., & Osborne, J. (2014). Science-related Aspirations Across the Primary–Secondary Divide: Evidence from two surveys in England. *International Journal of Science Education, 36*(10), 1609–1629. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.871659>
- Diseth, Å. (2003). Personality and approaches to learning as predictors of academic achievement. *European Journal of Personality, 17*(2), 143–155. <https://doi.org/10.1002/per.469>
- Dweck, C. S., & Elliot, E. S. (1983). Achievement Motivation. In P. H. Mussen & E. M. Hetherington (Eds.), *Handbook of Child Psychology* (Vol. 4, pp. 643–691). Wiley.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values and Goals. *Annual Review of Psychology, 53*, 109–132.
- Eddy, S. L., & Brownell, S. E. (2016). Beneath the numbers: A review of gender disparities in undergraduate education across science, technology, engineering, and math disciplines. *Physical Review Physics Education Research, 12*(2), 020106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020106>
- Elliot, A. J. (1997). Integrating the “classic” and “contemporary” approaches to achievement motivation: A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation. In M. Maehr & P. R. Pintrich (Eds.), *Advances in motivation and achievement*. (Vol. 10, pp. 143–179). JAI.
- Elliot, A. J., & Church, M. A. (1997). A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation. *Journal of Personality and Social Psychology, 72*(1), 218–232. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.72.1.218>
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*(1), 103–127.

<https://doi.org/10.1037/a0018053>

- Elsworth, G. R., Harvey-Beavis, A., Ainley, J., & Fabris, S. (1999). Generic Interests and School Subject Choice. *Educational Research and Evaluation*, 5(3), 290–318. <https://doi.org/10.1076/edre.5.3.290.3882>
- Entwistle, N., Tait, H., & McCune, V. (2000). Patterns of Response to an Approaches to Studying Inventory across Contrasting Groups and Contexts. *European Journal of Psychology of Education*, 15(1), 33–48.
- Evans, R. (2014). Self-Efficacy in Learning Science. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 1–4). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6165-0_421-2
- Fajardo Bullón, F., Maestre Campos, M., Felipe Castaño, E., León del Barco, B., & Polo del Río, M. I. (2017). Análisis del rendimiento académico de los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria según las variables familiares. [Analysis of the academic performance of the secondary school students in terms of family variables]. *Educación XX1*, 20(1), 209–232. <https://doi.org/10.5944/educXX1.17509>
- Ferguson, S. L., & Hull, D. M. (2018). Exploring Science Career Interest: Latent Profile Analysis of High School Occupational Preferences for Science. *Journal of Career Development*. <https://doi.org/10.1177/0894845318783873>
- Ferrell, B., & Barbera, J. (2015). Analysis of students' self-efficacy, interest, and effort beliefs in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 318–337. <https://doi.org/10.1039/C4RP00152D>
- Ferrell, B., Phillips, M. M., & Barbera, J. (2016). Connecting achievement motivation to performance in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1054–1066. <https://doi.org/10.1039/C6RP00148C>
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics using SPSS* (3rd ed.). Sage.
- Fischer, F., Schult, J., & Hell, B. (2013). Sex differences in secondary school success: Why female students perform better. *European Journal of Psychology of Education*, 28(2), 529–543. <https://doi.org/10.1007/s10212-012-0127-4>
- FitzPatrick, B., & Schulz, H. (2015). Do Curriculum Outcomes and Assessment Activities in Science Encourage Higher Order Thinking? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 15(2), 136–154. <https://doi.org/10.1080/14926156.2015.1014074>
- Fortus, D., & Vedder-Weiss, D. (2014). Measuring Students' Continuing Motivation for Science Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(4), 497–522. <https://doi.org/10.1002/tea.21136>
- García, T., Rodríguez, C., Betts, L., Areces, D., & González-Castro, P. (2016). How affective-motivational variables and approaches to learning predict mathematics achievement in upper elementary levels. *Learning and Individual Differences*, 49, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.05.021>
- Gargallo, B., Garfella, P. R., & Pérez, C. (2006). Enfoques de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes universitarios [Learning approaches and academic achievement in university students]. *Bordón*, 58(3), 45–61.
- Gaumer Erickson, A. S., Noonan, P. M., Zheng, C., & Brussow, J. A. (2015). The relationship between self-determination and academic achievement for adolescents with intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.008>

Referencias bibliográficas

- Gill, T., & Bell, J. F. (2013). What Factors Determine the Uptake of A-level Physics? *International Journal of Science Education*, 35(5), 753–772. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.577843>
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science Motivation Questionnaire II: Validation With Science Majors and Nonscience Majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1159–1176. <https://doi.org/10.1002/tea.20442>
- Glynn, S. M., & Koballa Jr., T. R., Jr. (2006). Motivation to Learn in College Science. In J. J. Mintzes & W. H. Leonard (Eds.), *Handbook of College Science Teaching* (pp. 25–32). National Science Teachers Association Press.
- Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2007). Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1088–1107. <https://doi.org/10.1002/tea.20181>
- Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 127–146. <https://doi.org/10.1002/tea.20267>
- González, A., Carrera Fernández, M.-V., & Paoloni, P.-V. (2017). Hope and Anxiety in Physics Class: Exploring Their Motivational Antecedents and Influence on Metacognition and Performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 558–585. <https://doi.org/10.1002/tea.21377>
- González, A., & Paoloni, P.-V. (2015). Perceived autonomy-support, expectancy, value, metacognitive strategies and performance in chemistry: A structural equation model in undergraduates. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 640–653. <https://doi.org/10.1039/C5RP00058K>
- Gungor, A. (Abak), Eryilmaz, A., & Fakioglu, T. (2007). The Relationship of Freshmen's Physics Achievement and Their Related Affective Characteristics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1036–1056. <https://doi.org/10.1002/tea.20200>
- Halpern, D. F. (2000). *Sex differences in cognitive abilities* (3rd ed.). Erlbaum.
- Harackiewicz, J. M., Rozek, C. S., Hulleman, C. S., & Hyde, J. S. (2012). Helping Parents to Motivate Adolescents in Mathematics and Science: An Experimental Test of a Utility-Value Intervention. *Psychological Science*, 23(8), 899–906. <https://doi.org/10.1177/0956797611435530>
- Hinds, E. M., & Shultz, G. V. (2018). Investigation of the Factors That Influence Undergraduate Student Chemistry Course Selection. *Journal of Chemical Education*, 95(6), 913–919. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00833>
- Hiss, W. C., & Franks, V. W. (2014). *Defining promise: Optional standardized test to predict future success at colleges and university administrations*. NACAC.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275–288.
- Homer, M., & Ryder, J. (2015). The Impact of a Science Qualification Emphasising Scientific Literacy on Post-compulsory Science Participation: An analysis using national data. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1364–1380. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1036151>
- Huang, X., Zhang, J., & Hudson, L. (2019). Impact of math self-efficacy, math anxiety, and growth mindset on math and science career interest for middle school students: The gender moderating effect. *European Journal of Psychology of Education*, 34(3), 621–640.

<https://doi.org/10.1007/s10212-018-0403-z>

- Hulleman, C. S., Barron, K. E., Kosovich, J. J., & Lazowski, R. A. (2016). Student Motivation: Current Theories, Constructs, and Interventions Within an Expectancy-Value Framework. In A. A. Lipnevich, F. Preckel, & R. D. Roberts (Eds.), *Psychosocial Skills and School Systems in the 21st Century: Theory, Research, and Practice* (pp. 241–278). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28606-8_10
- Jacobs, J. E. (2005). Twenty-five years of research on gender and ethnic differences in math and science career choices: What have we learned? *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2005(110), 85–94. <https://doi.org/10.1002/cd.151>
- Janeiro, I. N., Duarte, A. M., Araújo, A. M., & Gomes, A. I. (2017). Time perspective, approaches to learning, and academic achievement in secondary students. *Learning and Individual Differences*, 55, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.03.007>
- Jansen, M., Scherer, R., & Schroeders, U. (2015). Students' self-concept and self-efficacy in the sciences: Differential relations to antecedents and educational outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, 41, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.11.002>
- Kan, A., & Akbaş, A. (2006). Affective Factors That Influence Chemistry Achievement (Attitude and Self Efficacy) and The Power Of These Factors To Predict Chemistry Achievement-I. *Journal of Turkish Science Education*, 3(1), 76–85.
- Kerlinger, F. N., & Howard, B. L. (2002). *Investigación del comportamiento* (4ª). McGraw Hill.
- Koballa, T. R., Jr., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and Motivational Constructs in Science Learning. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 75–102). Lawrence Erlbaum Associates.
- Komperda, R., Pentecost, T. C., & Barbera, J. (2018). Moving beyond Alpha: A Primer on Alternative Sources of Single-Administration Reliability Evidence for Quantitative Chemistry Education Research. *Journal of Chemical Education*, 95(9), 1477–1491. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00220>
- Lastusaari, M., Laakkonen, E., & Murtonen, M. (2019). Persistence in studies in relation to learning approaches and first-year grades: A study of university chemistry students in Finland. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 452–467. <https://doi.org/10.1039/C8RP00244D>
- Lastusaari, M., & Murtonen, M. (2013). University chemistry students' learning approaches and willingness to change major. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14(4), 496–506. <https://doi.org/10.1039/C3RP00045A>
- Latorre, A., del Rincón, D., & Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Ediciones experiencia.
- Lau, S., & Roeser, R. W. (2002). Cognitive Abilities and Motivational Processes in High School Students' Situational Engagement and Achievement in Science. *Educational Assessment*, 8(2), 139–162.
- Lawson, A. E., Banks, D. L., & Logvin, M. (2007). Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 706–724. <https://doi.org/10.1002/tea.20172>
- Lee, M.-H., Johanson, R. E., & Tsai, C.-C. (2008). Exploring Taiwanese high school students' conceptions of and approaches to learning science through a structural equation modeling analysis. *Science Education*, 92(2), 191–220. <https://doi.org/10.1002/sce.20245>
- Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (1994). Toward a Unifying Social Cognitive Theory of

Referencias bibliográficas

- Career and Academic Interest, Choice, and Performance. *Journal of Vocational Behavior*, 45(1), 79–122. <https://doi.org/S000187918471027X>
- León, J., Núñez, J. L., & Liew, J. (2015). Self-determination and STEM education: Effects of autonomy, motivation, and self-regulated learning on high school math achievement. *Learning and Individual Differences*, 43, 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.017>
- Lewis, S. E., Shaw, J. L., Heitz, J. O., & Webster, G. H. (2009). Attitude Counts: Self-Concept and Success in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 86(6), 744–749.
- LGE. (1970). Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa,. *Boletín Oficial Del Estado*, 06/08/1970.
- Liu, Y., Ferrell, B., Barbera, J., & Lewis, J. E. (2017). Development and evaluation of a chemistry-specific version of the academic motivation scale (AMS-Chemistry). *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 191–213. <https://doi.org/10.1039/C6RP00200E>
- LOGSE. (1990). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial Del Estado*, 04/10/1990.
- LOMCE. (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial Del Estado*, 10/12/2013.
- López-Martín, E., Expósito-Casas, E., Carpintero, E., & Asensio, I. (2018). ¿Qué nos dice PISA sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias? Una aproximación a través de árboles de decisión. *Revista de Educación*, 382, 133–162.
- Louis, R. A., & Mistele, J. M. (2012). The differences in scores and self-efficacy by student gender in mathematics and science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(5), 1163–1190. <https://doi.org/10.1007/s10763-011-9325-9>
- Lyons, T. (2006). The Puzzle of Falling Enrolments in Physics and Chemistry Courses: Putting Some Pieces Together. *Research in Science Education*, 36(3), 285–311. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9008-z>
- Martínez, J. F., Stecher, B., & Borko, H. (2009). Classroom Assessment Practices, Teacher Judgments, and Student Achievement in Mathematics: Evidence from the ECLS. *Educational Assessment*, 14(2), 78–102. <https://doi.org/10.1080/10627190903039429>
- Marton, F. (1983). Beyond individual differences. *Educational Psychology*, 3(3–4), 289–303. <https://doi.org/10.1080/0144341830030311>
- McInerney, D. M., Cheng, R. W., Mok, M. M. C., & Lam, A. K. H. (2012). Academic Self-Concept and Learning Strategies: Direction of Effect on Student Academic Achievement. *Journal of Advanced Academics*, 23(3), 249–269. <https://doi.org/10.1177/1932202X12451020>
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Pearson Educación.
- Mohammadpour, E. (2013). A three-level multilevel analysis of Singaporean eighth-graders science achievement. *Learning and Individual Differences*, 26(Supplement C), 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.12.005>
- Moore, R., & Burrus, J. (2019). Predicting STEM Major and Career Intentions With the Theory of Planned Behavior. *The Career Development Quarterly*, 67(2), 139–155. <https://doi.org/10.1002/cdq.12177>
- Mujtaba, T., & Reiss, M. J. (2014). A Survey of Psychological, Motivational, Family and Perceptions of Physics Education Factors that Explain 15-Year-Old Student's Aspirations to Study Physics in Post-Compulsory English Schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2), 371–393.

- Mujtaba, T., Sheldrake, R., Reiss, M. J., & Simon, S. (2018). Students' science attitudes, beliefs, and context: Associations with science and chemistry aspirations. *International Journal of Science Education*, 40(6), 644–667. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1433896>
- Muñiz, J., Elosúa, P., & Hambleton, R. K. (2013). Directrices para la traducción y adaptación de los tests: Segunda edición [International Test Commission Guidelines for test translation and adaptation: Second edition]. *Psicothema*, 52(2), 151–157.
- Ng, B. L. L., Liu, W. C., & Wang, J. C. K. (2016). Student Motivation and Learning in Mathematics and Science: A Cluster Analysis. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(7), 1359–1376. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9654-1>
- Nolen, S. B. (1988). Reasons for Studying: Motivational Orientations and Study Strategies. *Cognition and Instruction*, 5(4), 269–287. JSTOR.
- Nugent, G., Barker, B., Welch, G., Grandgenett, N., Wu, C., & Nelson, C. (2015). A Model of Factors Contributing to STEM Learning and Career Orientation. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1067–1088. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1017863>
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- Oon, P.-T., & Subramaniam, R. (2010). Views of physics teachers on how to address the declining enrolment in physics at the university level. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 277–289. <https://doi.org/10.1080/02635143.2010.501749>
- Orthner, D. K., Jones-Sanpei, H., Akos, P., & Rose, R. A. (2013). Improving Middle School Student Engagement Through Career-Relevant Instruction in the Core Curriculum. *The Journal of Educational Research*, 106(1), 27–38. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.658454>
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking? New directions in science education. *School Science Review*, 352, 53–62.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Pajares, F. (1996). Self-Efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research*, 66(4), 543–578.
- Pajares, F., & Schunk, D. H. (2001). Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept, and school achievement. In R. Riding & S. Rayner (Eds.), *Perception* (pp. 239–266). Ablex.
- Palmer, T.-A., Burke, P. F., & Aubusson, P. (2017). Why school students choose and reject science: A study of the factors that students consider when selecting subjects. *International Journal of Science Education*, 39(6), 645–662. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1299949>
- Patall, E. A., Hooper, S., Vasquez, A. C., Pituch, K. A., & Steingut, R. R. (2018). Science class is too hard: Perceived difficulty, disengagement, and the role of teacher autonomy support from a daily diary perspective. *Learning and Instruction*, 58, 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.07.004>
- Pérez-Gil, J. A., Chacón, S., & Moreno, R. (2000). Validez de constructo: El uso de análisis factorial exploratorio-confirmatorio para obtener evidencias de validez [Construct validity: The use of exploratory-confirmatory factor analysis to obtain validity evidences]. *Psicothema*, 12(2), 442–446.
- Pérez-Juste, R., García-Llamas, J. L., Gil, J. A., & Galán, A. (2009). *Estadística aplicada a la educación*. Pearson Educación.

Referencias bibliográficas

- Pintrich, P. R. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667–686. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.667>
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2006). *Motivación en contextos educativos* (2nd ed.). Pearson Educación.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., García, T., & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning.
- Pospiech, G., Eylon, B.-S., Bagno, E., & Lehavi, Y. (2019). Role of Teachers as Facilitators of the Interplay Physics and Mathematics. In G. Pospiech, M. Michelini, & B.-S. Eylon (Eds.), *Mathematics in Physics Education* (pp. 269–291). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_12
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Prat-Sala, M., & Redford, P. (2010). The interplay between motivation, self-efficacy, and approaches to studying. *The British Journal of Educational Psychology*, 80(2), 283–305. <https://doi.org/10.1348/000709909X480563>
- Ramnarain, U., & Ramaila, S. (2018). The relationship between chemistry self-efficacy of South African first year university students and their academic performance. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 60–67. <https://doi.org/10.1039/C7RP00110J>
- Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific and other complex domains*. MIT press.
- Rice, L., Barth, J. M., Guadagno, R. E., Smith, G. P. A., McCallum, D. M., & ASERT. (2013). The Role of Social Support in Students' Perceived Abilities and Attitudes Toward Math and Science. *Journal of Youth and Adolescence*, 42(7), 1028–1040. <https://doi.org/10.1007/s10964-012-9801-8>
- Richardson, M., Abraham, C., & Bond, R. (2012). Psychological Correlates of University Students' Academic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 138(2), 353–387. <https://doi.org/10.1037/a0026838>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Directorate-General for Research, European Commission.
- Rosander, P., & Bäckström, M. (2012). The unique contribution of learning approaches to academic performance, after controlling for IQ and personality: Are there gender differences? *Learning and Individual Differences*, 22(6), 820–826. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.011>
- Rosander, P., & Bäckström, M. (2014). Personality traits measured at baseline can predict academic performance in upper secondary school three years later. *Scandinavian Journal of Psychology*, 55(6), 611–618. <https://doi.org/10.1111/sjop.12165>
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research*. Sage.
- Rotter, J. B. (1966). Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychological Monographs: General and Applied*, 80(1), 1–28. <https://doi.org/10.1037/h0092976>
- RSEF. (2018). *Estado de la enseñanza de la física en educación secundaria*. Real Sociedad

Española de Física.

- RSEQ. (2006). *Sobre la situación de la Física y la Química en la educación secundaria*. Real Sociedad Española de Física.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Publications.
- Safadi, R., & Saadi, S. (2019). Learning from Self-Diagnosis Activities when Contrasting Students' Own Solutions with Worked Examples: The Case of 10th Graders Studying Geometric Optics. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9806-8>
- Salamonson, Y., Weaver, R., Chang, S., Koch, J., Bhathal, R., Khoo, C., & Wilson, I. (2013). Learning approaches as predictors of academic performance in first year health and science students. *Nurse Education Today*, 33(7), 729–733. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.01.013>
- Salonen, A., Kärkkäinen, S., & Keinonen, T. (2018). Career-related instruction promoting students' career awareness and interest towards science learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 474–483. <https://doi.org/10.1039/C7RP00221A>
- Salta, K., Gekos, M., Petsimeri, I., & Koulougliotis, D. (2012). Discovering factors that influence the decision to pursue a chemistry-related career: A comparative analysis of the experiences of non scientist adults and chemistry teachers in Greece. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 437–446. <https://doi.org/10.1039/C2RP20053H>
- Salta, K., & Koulougliotis, D. (2015). Assessing motivation to learn chemistry: Adaptation and validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek secondary school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 237–250. <https://doi.org/10.1039/C4RP00196F>
- Schneider, M., & Preckel, F. (2017). Variables associated with achievement in higher education: A systematic review of meta-analyses. *Psychological Bulletin*, 143(6), 565–600. <https://doi.org/10.1037/bul0000098>
- Schumm, M. F., & Bogner, F. X. (2016). Measuring adolescent science motivation. *International Journal of Science Education*, 38(3), 434–449. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1147659>
- Scott, F. J. (2012). Is mathematics to blame? An investigation into high school students' difficulty in performing calculations in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 330–336. <https://doi.org/10.1039/C2RP00001F>
- Semela, T. (2010). Who Is Joining Physics and Why? Factors Influencing the Choice of Physics among Ethiopian University Students. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(3), 319–340.
- Sha, L., Schunn, C., & Bathgate, M. (2015). Measuring Choice to Participate in Optional Science Learning Experiences During Early Adolescence. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 686–709. <https://doi.org/10.1002/tea.21210>
- Shedlosky-Shoemaker, R., & Fautch, J. M. (2015). Who Leaves, Who Stays? Psychological Predictors of Undergraduate Chemistry Students' Persistence. *Journal of Chemical Education*, 92(3), 408–414. <https://doi.org/10.1021/ed500571j>
- Sheldrake, R. (2016). Students' intentions towards studying science at upper-secondary school:

Referencias bibliográficas

- The differential effects of under-confidence and over-confidence. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1256–1277. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1186854>
- Sheldrake, R., Mujtaba, T., & Reiss, M. J. (2017). Science teaching and students' attitudes and aspirations: The importance of conveying the applications and relevance of science. *International Journal of Educational Research*, 85, 167–183. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.08.002>
- Shirazi, S. (2017). Student experience of school science. *International Journal of Science Education*, 39(14), 1891–1912. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1356943>
- Simpkins, S. D., Davis-Kean, P. E., & Eccles, J. S. (2006). Math and Science Motivation: A Longitudinal Examination of the Links between Choices and Beliefs. *Developmental Psychology*, 42(1), 70–83. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.42.1.70>
- Sinapuelas, M. L. S., & Stacy, A. M. (2015). The relationship between student success in introductory university chemistry and approaches to learning outside of the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(6), 790–815. <https://doi.org/10.1002/tea.21215>
- Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *The Journal of Educational Research*, 95(6), 323–332. <https://doi.org/10.1080/00220670209596607>
- Slavin, A. (2008). Factors affecting student drop out from the university introductory physics course, including the anomaly of the Ontario double cohort. *Canadian Journal of Physics*, 86(6), 839–847. <https://doi.org/10.1139/p08-006>
- Smith, E., & Gorard, S. (2011). Is there a shortage of scientists? A re-analysis of supply for the UK. *British Journal of Educational Studies*, 59(2), 159–177. <https://doi.org/10.1080/00071005.2011.578567>
- Smith, E., & White, P. (2019). Where Do All the STEM Graduates Go? Higher Education, the Labour Market and Career Trajectories in the UK. *Journal of Science Education and Technology*, 28(1), 26–40. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9741-5>
- Smyth, E., & Hannan, C. (2006). School Effects and Subject Choice: The uptake of scientific subjects in Ireland. *School Effectiveness and School Improvement*, 17(3), 303–327. <https://doi.org/10.1080/09243450600616168>
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? [Why is there a decrease in science students?]. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 67, 53–61.
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: Implicaciones en su enseñanza [The students' disinterest towards learning science: Teaching implications]. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91–117.
- Stajkovic, A. D., Bandura, A., Locke, E. A., Lee, D., & Sergent, K. (2018). Test of three conceptual models of influence of the big five personality traits and self-efficacy on academic performance: A meta-analytic path-analysis. *Personality and Individual Differences*, 120, 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.08.014>
- Stake, J. E. (2006). The Critical Mediating Role of Social Encouragement for Science Motivation and Confidence Among High School Girls and Boys. *Journal of Applied Social Psychology*, 36(4), 1017–1045. <https://doi.org/10.1111/j.0021-9029.2006.00053.x>
- Steinmayr, R., Meißner, A., Weidinger, A. F., & Wirthwein, L. (2014). Academic Achievement. In H. L. Meyer (Ed.), *Oxford Bibliographies Online: Education*. Oxford University Press.

- Stokking, K. M. (2000). Predicting the choice of physics in secondary education. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1261–1283.
- Struyven, K., Dochy, F., Janssens, S., & Gielen, S. (2006). On the dynamics of students' approaches to learning: The effects of the teaching/learning environment. *Learning and Instruction*, 16(4), 279–294. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.07.001>
- Suárez, J. M., & Fernández, A. P. (2004). *El aprendizaje autorregulado: Variables estratégicas, motivacionales, evaluación e intervención*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.
- Tal, T., & Tsaushu, M. (2018). Student-centered introductory biology course: Evidence for deep learning. *Journal of Biological Education*, 52(4), 376–390. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1385508>
- Trochim, W. M., Donnelly, J. P., & Arora, K. (2015). *Research methods: The essential knowledge base*. (2nd ed.). Cengage Learning, Inc.
- Tuan, H., Chin, C., & Shieh, S. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639–654. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323737>
- Turner, R. C., & Lindsay, H. A. (2003). Gender Differences in Cognitive and Noncognitive Factors Related to Achievement in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 80(5), 563–568.
- Tytler, R., & Osborne, J. (2012). Student Attitudes and Aspirations Towards Science. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 597–625). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_41
- Ulriksen, L., Madsen, L. M., & Holmegaard, H. T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes? *Studies in Science Education*, 46(2), 209–244. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504549>
- Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Senay, A. (2015). Predicting Chemistry Achievement through Task Value, Goal Orientations, and Self-Efficacy: A Structural Model. *Croatian Journal of Education*, 17(3), 725–753. <https://doi.org/10.15516/cje.v17i3.1555>
- Vahedi, S., & Yari, M. (2014). Role of Cognitive and Emotional Factors on Educational Achievement among High School Students in Physics. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 3(3), 572–579.
- Valadas, S. T., Almeida, L. S., & Araújo, A. M. (2017). The Mediating Effects of Approaches to Learning on the Academic Success of First-Year College Students. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 61(6), 721–734. <https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1188146>
- Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Blais, M. R., Briere, N. M., Senecal, C., & Vallieres, E. F. (1992). The Academic Motivation Scale: A Measure of Intrinsic, Extrinsic, and Amotivation in Education. *Educational and Psychological Measurement*, 52(4), 1003–1017. <https://doi.org/10.1177/0013164492052004025>
- Van Aalderen-Smeets, S. I., Walma van der Molen, J. H., & Xenidou-Dervou, I. (2018). Implicit STEM ability beliefs predict secondary school students' STEM self-efficacy beliefs and their intention to opt for a STEM field career. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21506>
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M.-A. (2015). The Choice of Scientific and Engineering

Referencias bibliográficas

- Higher Studies: Analysis of Some Influential Factors across Six Countries. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 12(2), 264–277.
- Vedder-Weiss, D., & Fortus, D. (2012). Adolescents' Declining Motivation to Learn Science: A Follow-Up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1057–1095. <https://doi.org/10.1002/tea.21049>
- Velayutham, S., Aldridge, J., & Fraser, B. (2011). Development and Validation of an Instrument to Measure Students' Motivation and Self-Regulation in Science Learning. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2159–2179. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.541529>
- Villafañe, S. M., & Lewis, J. E. (2016). Exploring a measure of science attitude for different groups of students enrolled in introductory college chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 731–742. <https://doi.org/10.1039/C5RP00185D>
- Villafañe, S. M., Xu, X., & Raker, J. R. (2016). Self-efficacy and academic performance in first-semester organic chemistry: Testing a model of reciprocal causation. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 973–984. <https://doi.org/10.1039/C6RP00119J>
- Vogel, F. R., & Human-Vogel, S. (2016). Academic commitment and self-efficacy as predictors of academic achievement in additional materials science. *Higher Education Research & Development*, 35(6), 1298–1310. <https://doi.org/10.1080/07294360.2016.1144574>
- Voyer, D., & Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 1174–1204. <https://doi.org/10.1037/a0036620>
- Wehmeyer, M. L., Agran, M., & Hughes, C. (2000). A National Survey of Teachers' Promotion of Self-Determination and Student-Directed Learning. *The Journal of Special Education*, 34(2), 58–68. <https://doi.org/10.1177/002246690003400201>
- Weiner, B. (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological Review*, 92(4), 548–573.
- Wieman, C. E. (2014). Large-scale comparison of science teaching methods sends clear message. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8319–8320. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407304111>
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy–Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68–81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Wittrock, M. C. (2013). Generative Science Teaching. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone, & R. T. White (Eds.), *The Content Of Science: A Constructivist Approach To Its Teaching And learning* (pp. 41–50). <https://doi.org/10.4324/9781315831558-8>
- Xu, X., & Lewis, J. E. (2011). Refinement of a Chemistry Attitude Measure for College Students. *Journal of Chemical Education*, 88(5), 561–568. <https://doi.org/10.1021/ed900071q>
- Xu, X., Villafane, S. M., & Lewis, J. E. (2013). College students' attitudes toward chemistry, conceptual knowledge and achievement: Structural equation model analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 188–200. <https://doi.org/10.1039/C3RP20170H>
- Yamamura, S., & Takehira, R. (2017). Effect of practical training on the learning motivation profile of Japanese pharmacy students using structural equation modeling. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 14. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2017.14.2>
- Yin, H., Wang, W., & Han, J. (2016). Chinese undergraduates' perceptions of teaching quality and the effects on approaches to studying and course satisfaction. *Higher Education*, 71(1),

- 39–57. <https://doi.org/10.1007/s10734-015-9887-5>
- Zamora, A., & Ardura, D. (2014). ¿En qué medida utilizan los estudiantes de Física de Bachillerato sus propios errores para aprender? Una experiencia de autorregulación en el aula de secundaria [To what extent do high school physics students use their own mistakes to learn? An experience on self-regulation in a secondary school classroom]. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(2), 253–268. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1067>
- Zamora, A., Gil-Flores, J., & de Besa-Gutiérrez, M. R. (2020). Enfoques de aprendizaje, perspectiva temporal y persistencia en estudiantes universitarios [Learning approaches, temporal perspective and persistence in university students]. *Educación XXI*, 23(2), 17–39.
- Zamora, A., Suárez, J. M., & Ardura, D. (2018a). El uso de los errores como herramienta del aprendizaje autorregulado en estudiantes de secundaria [The use of errors as a tool for self-regulated learning in secondary school student]. *Aula Abierta*, 47(2), 229–236.
- Zamora, A., Suárez, J. M., & Ardura, D. (2018b). Error detection and self-assessment as mechanisms to promote self-regulation of learning among secondary education students. *The Journal of Educational Research*, 111(2), 175–185. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1225657>
- Zamora, A., Suárez, J. M., & Ardura, D. (2018c). A model of the role of error detection and self-regulation in academic performance. *The Journal of Educational Research*, 111(5), 595–602. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1349072>
- Zeldin, A. L., Britner, S. L., & Pajares, F. (2008). A comparative study of the self-efficacy beliefs of successful men and women in mathematics, science, and technology careers. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 1036–1058. <https://doi.org/10.1002/tea.20195>
- Zepeda, C. D., Richey, J. E., Ronevich, P., & Nokes-Malach, T. J. (2015). Direct instruction of metacognition benefits adolescent science learning, transfer, and motivation: An in vivo study. *Journal of Educational Psychology*, 107(4), 954–970. <https://doi.org/10.1037/edu0000022>
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82–91. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1016>
- Zuckerman, M., Porac, J., Lathin, D., & Deci, E. L. (1978). On the Importance of Self-Determination for Intrinsically-Motivated Behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 4(3), 443–446. <https://doi.org/10.1177/014616727800400317>
- Zusho, A., Pintrich, P. R., & Coppola, B. (2003). Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1081–1094. <https://doi.org/10.1080/0950069032000052207>