

# Universidad de Salamanca

## Grado en Medicina/Fisioterapia



### **TESIS DOCTORAL**

## **ENSEÑANZA DE LA FÍSICA ASOCIADA CON LA ACTIVACIÓN DEL LÓBULO FRONTAL Y SU RELACIÓN CON FUNCIONES EJECUTIVAS EN ADOLESCENTES**

**Héctor Reyes Martín**



## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis doctoral ha sido posible gracias a la influencia, aportación o colaboración de varias personas, a las que quiero hacer público mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud al Prof. José Antonio Mirón Canelo, por haber aceptado la dirección de esta tesis y permitirme en todo momento trabajar con apertura y rigor, siempre buscando obtener un trabajo del que nos podamos sentir satisfechos y orgullosos.

Esta tesis no habría sido posible sin la ayuda del Dr. Roberto Rodríguez Pérez, a quien debo agradecer su fe en este trabajo en sus estadios iniciales y sus indicaciones en cada cruce de caminos.

Mi agradecimiento explícito al Dr. Juan Manuel García González por su ayuda con el análisis estadístico de este trabajo y sus consejos sobre la validez de los resultados.

También debo agradecer a la Dra. Rosalía García García su asesoramiento en cuestiones de psicología y especialmente en cuestiones atinentes al procedimiento experimental.

Mi agradecimiento a la Universidad de Salamanca, que ha estimado de utilidad una tesis multidisciplinar como esta.

Si este trabajo ha sido posible ha sido gracias a descubrir una vocación docente que ha ido creciendo con los años y a la que D. Luis Alberca Fernández, D. Enrique Arroyo Orueta y el Dr. Juan José Javaloyes Soto han contribuido desde sus inicios.

Quisiera también agradecer a mis compañeros de profesión todos los matices que he aprendido de ellos y que de alguna u otra manera se han plasmado en esta tesis.

Este trabajo de investigación está motivado por y para mis alumnos, sin los cuales yo me perdería seguir creciendo en su compañía.

La inquietud de conocer la aprendí de mis hermanos y especialmente de mis padres. Sin ellos no sería lo que soy, no sabría lo que sé. A mis padres, José María y Adelina, y a mis hermanos Alejandro (también por su asesoramiento como neuropediatra), Benjamín, Celia, Begoña, Eduardo (in memoriam), Kin, Gemma y Nacho.

Este trabajo ha supuesto muchas horas de trabajo, años de experiencia y de búsqueda multidisciplinar de la verdad. Ese tiempo muy probablemente lo he sacrificado de estar con mi familia. Por ello, pido disculpas y os agradezco a todos, mis hijos Helena, Celia, Pablo y Marta, y especialmente a mi esposa, Sonia, el sacrificio que también ha supuesto para vosotros. Omnia in bonum.

En mi corazón está el deseo de que este trabajo sirva a otros docentes, incluso padres, para que eduquemos cada día un poco mejor a nuestros alumnos e hijos y que nosotros crezcamos humanamente en ese maravilloso proceso.

A todos ellos, mi más sincera gratitud.

*A Sonia*

## Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. El estado de la docencia de la Física .....	9
1.1.1. Factores generales del aprendizaje .....	9
1.1.2. Factores específicos del aprendizaje de la Física .....	11
1.1.3. El profesor.....	14
1.1.4. Situación del aprendizaje de la Física en España .....	16
1.1.5. Factores psicopedagógicos.....	17
1.1.5.1. Las operaciones mentales de Feuerstein .....	18
1.1.5.2. Taxonomía de Bloom .....	21
1.1.5.3. Inteligencias múltiples .....	22
1.1.5.4. Estilos de aprendizaje .....	22
1.1.5.5. La personalidad. El carácter.....	24
1.1.6. Diferencias sexuales fenotípicas y dimorfismo sexual .....	25
1.1.7. Factores sociológicos.....	27
1.1.7.1. La familia y el aprendizaje.....	27
1.1.7.2. El ambiente social.....	28
1.1.8. La antropología y la neurociencia.....	29
1.1.9. Propuestas educativas actuales sobre la enseñanza de la Física .....	29
1.2. Propuesta de intervención educativa .....	32
1.3. Objetivos.....	38
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	41
2.1. Definición de variables .....	42
2.2. Instrumentos de medida.....	43
2.2.1. Test de Stroop .....	43
2.2.2. Escala de Motivación Escolar en Español (EME-S) .....	47
2.2.3. Prueba Rosenberg Self Esteem Scale (RSES) .....	48
2.2.4. Cuestionario Autoconcepto Forma 5 (AF-5) .....	49
2.2.5. Prueba Big Five Questionnaire Niños y Adolescentes (BFQ-NA) .....	49
2.2.6. Metodología de estudio .....	50
2.2.7. Satisfacción.....	52
2.2.8. Calificaciones.....	53

2.2.9. Nivel de instrucción del padre/madre .....	54
2.3. Selección de la muestra .....	54
2.4. Procedimiento e instrumento de medida/s .....	56
2.5. Análisis estadístico.....	57
3. <i>RESULTADOS</i> .....	59
3.1. Estudio y comparación de la inhibición.....	64
3.2. Estudio y comparación de la autoestima .....	64
3.3. Estudio y comparación del autoconcepto .....	65
3.4. Estudio y comparación de las motivaciones .....	65
3.5. Estudio y comparación de las características de personalidad.....	66
3.6. Análisis del seguimiento metodológico.....	67
3.7. Análisis de la satisfacción de cursar la asignatura .....	67
3.8. Análisis de la relación del nivel de instrucción de los padres y otros factores.....	68
3.9. Análisis por género de las variables de estudio.....	68
3.9.1. Análisis por género: varones .....	69
3.9.2. Análisis por género: mujeres .....	74
3.10. Análisis multivariante .....	80
4. <i>DISCUSIÓN</i> .....	81
4.1. Estudio de la inhibición .....	82
4.2. Estudio de la personalidad, autoestima y motivaciones. ....	82
4.3. Estudio del seguimiento metodológico .....	86
4.4. Estudio del nivel de instrucción de los padres .....	86
4.5. Estudio por género.....	87
4.5.1. Varones .....	88
4.5.2. Mujeres .....	89
4.6. Limitaciones del estudio .....	91
5. <i>CONCLUSIONES</i> .....	93
6. <i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	97
7. <i>ANEXOS</i> .....	103
7.1. Anexo I.....	105
7.2. Anexo II.....	108

# **1. INTRODUCCIÓN**

La educación es una de las bases del crecimiento personal y de desarrollo de competencias profesionales de modo transversal. Por ello, la realización de estudios que estén orientados a la mejora de la tarea educativa implicará una mejora de las personas y del desarrollo de su profesión dentro del engranaje de la sociedad. Y esto solo se puede lograr a través de un pensamiento crítico, de una comprensión de nosotros mismos y del entorno en el que vivimos, en definitiva, de la realidad (Cardona, 2001).

Se requieren nuevos paradigmas educativos que permitan hacer más atractivo el aprendizaje de las Ciencias, especialmente de la Física, teniendo en cuenta las nuevas herramientas tecnológicas, los intereses de los estudiantes y de una sociedad científicamente avanzada (Herrán, 2002).

Así mismo, la diferencia entre varones y mujeres en la elección de carreras científico-técnicas debe hacernos preguntar sobre la orientación educativa que debemos ofrecer en ciclos preuniversitarios (Brizendine, 2006).

El presente trabajo de investigación pretende dar respuestas a algunas de las preguntas neurocientíficas aplicadas a la docencia de las ciencias, especialmente en relación al aprendizaje de la Física.

Se analizará el estado del aprendizaje de la Física desde varias perspectivas (psicopedagógico, didáctico y neurocientífico) y se propondrá un modelo que será contrastado con las respuestas cerebrales que muestren los alumnos con exposición al método.



## 1.1. El estado de la docencia de la Física

### 1.1.1. Factores generales del aprendizaje

Para aprender es necesario que haya atención. Y esta sigue de forma natural a la curiosidad (Mora, 2013). La curiosidad activa la atención y memoria implícitas (en el cerebelo), sin ningún esfuerzo. Pero los procesos de atención explícita deben ser gobernados por las funciones ejecutivas. Ello implica una intencionalidad consciente por parte de la persona.

La memoria es otro factor fundamental. Y esta depende de varios factores (Carrasco, 2004), como:

1. la intensidad del estímulo, relacionada con la atención y memoria implícitas.
2. la asociación, pues es relativamente sencillo aprender algo si tiene relación con algo ya conocido y por analogía. Incluso cuando hay distractores se aprende mejor si existe una asociación que si no la hay (Heekyeong Park, 2014).
3. el descanso, para que el cerebro ordene la información adquirida a lo largo del día.
4. repetición, para que se den los procesos de potenciación a largo plazo (LTP) (F.E. Jensen, 2015) y depresión a largo plazo (LTD) (S. Machado, 2008).

La información que consideramos en la memoria parte en la corteza entorrinal (en el giro hipocampal) y pasa al hipocampo por un cierto periodo de tiempo, bajo la dirección de la corteza prefrontal, que coordina la memoria de trabajo. Esta información viajará hacia la corteza temporal (para almacenarse a largo plazo) y por otro lado, pasará por el arco del fórnix (septum) hacia el hipotálamo, de donde parten las fibras a los cuerpos mamilares. Pasando ahora por el tálamo, se llevará la información a las distintas regiones corticales para que los recuerdos sean evocados de forma consciente (memoria explícita o declarativa). La amígdala dejará una impronta en el estímulo que genera esa información cuando hay un impacto afectivo, apareciendo también en escena la hormona cortisol (Swaab, 2010).

Como se observa, otro factor importante en el aprendizaje es la afectividad. Es mucho más que un mecanismo para mantener apropiadamente los procesos homeostáticos del organismo (Damasio, 2003).

En referencia al aprendizaje, la afectividad supone un vínculo con:

1. el que enseña, especialmente en la adolescencia, pues nos resistimos a ser educados por quien no nos quiere (Cardona, 2001).
2. lo que se aprende, por la belleza, el asombro que nos produce, la satisfacción de aprender.

En ambos casos el núcleo accumbens, desde el área tegmental ventral, proporciona grandes dosis de dopamina, activado el sistema de recompensa del cerebro. La motivación y el sistema de recompensa del cerebro son factores importantes, aunque se plantean diferencias en estos procesos, según el género (Alarcón, 2017).

La contextualización y participación explícita de los alumnos ayudan a la vinculación afectiva, así como el empleo de nuevas tecnologías. Así se comprueba en el estudio de la fuerza centrípeta y su aprendizaje a corto y largo plazo (Mina C. Johnson-Glenberg, 2016).

Como ya se ha comentado, la amígdala juega un papel importante en los procesos afectivos.

La memoria, el aprendizaje y la afectividad están al servicio de la supervivencia y bienestar del individuo, por lo que son factores irrestrictos, siempre en desarrollo. Estas cuestiones son importantes desde el punto de vista educativo, pues la información se trata en el sistema límbico antes de ser procesada por el sistema ejecutivo, el lóbulo frontal, que se mieliniza completamente más tarde, a lo largo de la adolescencia y la veintena.

Será entonces fundamental la motivación como factor condicionante en el aprendizaje en general, y específicamente en el aprendizaje de la Física, ya sea motivación intrínseca, extrínseca o trascendental. Consecuentemente, se requiere una apertura a otros campos del conocimiento para llegar a las motivaciones del estudiante (Bongwoo & Heekyong, 2018).

### 1.1.2. Factores específicos del aprendizaje de la Física

Existen varios estudios que señalan las preconcepciones más usuales en estudiantes de Física en circuitos de corriente continua (Eyebiokin, 2016), la cinemática (Trowbridge & McDermott, 1981), vectores (Aguirre, 1988), la dinámica (Clement, 1982), energía y momento (Lawson & McDermott, 1987). Al respecto se ha realizado una recopilación de dificultades en el aprendizaje de la Física (Lillian C & Redish, 1999), dado lo extenso de la bibliografía. Es una dificultad en el aprendizaje que es bien conocida, aunque no se ha determinado de forma plenamente satisfactoria cómo superarla.

Algunos trabajos (Redish E. , 1994), (Herrán, 2002), indican que las dificultades a la hora de aprender Física provienen de diferentes causas y que no es un problema de un país o región del planeta, sino que es inherente al estudio de la Física. Ello se debe a la forma que tiene el cerebro de adquirir nueva información y aprenderla, así como de las características propias del método científico de la Física.

En primer lugar, el nivel de abstracción que requiere (estadio de las operaciones formales de Piaget) coincide en la adolescencia con el periodo de mielinización del lóbulo frontal, fundamental en la toma de decisiones y para el desarrollo de la función ejecutiva (Kahneman, 2012).

Incluso en expertos en Física, el córtex prefrontal parece realizar un papel inhibitorio más que haber logrado una reorganización de las redes neuronales (Dunbar, 2009).

El estudiante realiza patrones mentales, mapas sobre los cuales conforma el conocimiento. Modificar dichos mapas es complejo, laborioso y lleva su tiempo. La forma de producir cambios en los patrones de comprensión se asemejan mucho a los cambios de paradigma por los que ha pasado la Historia de la Ciencia (Petitto, 2004).

La existencia de una intuición sobre los fenómenos físicos relacionados con el movimiento determina un prejuicio sobre la descripción apropiada de dichos fenómenos. Cuando un alumno que no sabe Física observa una simulación de un fenómeno físico y no concuerda con lo que espera, se produce una gran actividad en la cíngulada anterior, sea o no correcto lo que esté observando desde el punto

de vista físico. Si lo que ve es lo que espera observar, se activa el córtex prefrontal dorsolateral, aunque no sea físicamente posible lo analizado. Pero si el alumno sabe de Física y conoce la explicación del fenómeno, se activa el córtex prefrontal dorsolateral, concretamente la circunvolución frontal medial (Petitto, 2004) en ambas situaciones, tanto si lo que ve es físicamente posible o no, activando la cingulada anterior cuando no es físicamente correcta. Esto indica que el lóbulo frontal debe enjuiciar (funciones ejecutivas), lo que de forma intuitiva establece el sistema límbico, dado que parece provocar una inhibición de la respuesta intuitiva para ofrecer la respuesta correcta. Y de nuevo, esto supone una atención explícita.

El sistema límbico actuará antes que el lóbulo frontal en sus funciones plenamente ejecutivas, por lo que parece imposible a priori que no se prejuzguen las situaciones naturales que describe la Física. Esto explicaría por qué la Física no ha avanzado antes en la Historia y por qué cuesta tanto aprenderla e interiorizarla.

Por ello, en el estudio de Petitto se recomienda una mayor presencia de experimentos que permitan el contraste de lo que se sabe o de lo que se cree saber y empezar la enseñanza de la Física en niveles educativos anteriores a los establecidos en la actualidad, con el rigor que corresponda a la edad. Así mismo, interpelan a los profesionales de la educación a conocer los intereses del alumnado para establecer lazos afectivos con el objeto de conocimiento.

Las relaciones causa-efecto que se buscan en Física activan la circunvolución media del lóbulo frontal izquierdo y la región parahipocampal (Mason & Just, 2016). Esto sucede de forma especialmente evidente en el aprendizaje de la dinámica y cinemática. En el mismo estudio se indica la activación de la circunvolución inferior del lóbulo frontal izquierdo, especialmente en la representación algebraica de ecuaciones o en conceptos relacionados con la energía. Los autores señalan que aunque el cerebro no parece estar diseñado para representar conocimiento sobre Física, sí parece estarlo para representar un conocimiento del mundo físico, de modo que para vincular ambas representaciones se requiere de una enseñanza formal.

Si se secuencian el estudio de la realización de problemas de Física (tomados y adaptados del test Force Concept Inventory) en tres fases (presentación del problema, presentación de las preguntas y resolución) se observa que las

regiones activadas son sutilmente diferentes, de modo que la asociación y el control deben darse como un tándem (Bartley, y otros, 2019). En dicho estudio se describe de nuevo la actividad de las regiones de la cingulada anterior y de la dorsolateral del lóbulo frontal, especialmente del hemisferio izquierdo, así como el hipocampo del mismo hemisferio. Estos autores consideran que la función de la región dorsolateral del lóbulo frontal es encargarse de las funciones ejecutivas de la resolución del problema, concretamente sirviendo de guía a la selección adecuada del patrón de conocimiento previamente estructurado. Y la red fisiológica que se establece en la resolución del problema de Física es independiente de que el resultado sea o no correcto.

Así pues, los estudios que analizan las regiones activadas por temáticas de Física y por secuenciación temporal de la resolución de problemas indican claramente la activación, entre otras regiones, de la cingulada anterior y del córtex prefrontal dorsolateral, especialmente del lóbulo izquierdo.

Todo ello parece indicar que para aprender Física se requiere un esfuerzo (Posner, 2009), más o menos consciente en función de la motivación, pero se hace necesaria la fuerza de voluntad.

Lo que todo ello parece mostrar es que construir conocimiento a partir de lo conocido es exitoso, dado que no genera conflicto entre lo nuevo y lo ya conocido. Tomemos la música como ejemplo. Daniel Levitin es un reconocido neurocientífico que se dedica a estudiar el cerebro y la música. Entre otros grandes experimentos, sometió al cantante y compositor Sting a varias pruebas (Levitin, Mi cerebro musical, National Geographic) para concluir que lo que nos gusta, parte de lo conocido y tiene un añadido de novedad, en un equilibrio atractivo que provoca que percibamos sorpresas dentro de lo que esperamos. Es decir, no tenemos grandes conflictos en asimilar lo que nos resulta familiar, aunque tenga trazas de algo nuevo (Levitin, La música y tu cerebro, 2006).

Cada persona realiza el aprendizaje de un modo único, puesto que su cerebro también lo es. Y debe crear entonces sus propios modelos mentales. Pero no lo podrá hacer solo, sino con la ayuda del adulto, del profesor, que sabe guiarle y sacarle de sí mismo (*educare* significa hacer salir) para avanzar en la adquisición del conocimiento. Se requiere entonces que los alumnos creen su conocimiento a partir de la experiencia personal y del vínculo afectivo que generan para con él.

No se defiende aquí el constructivismo como forma de aprendizaje, pues dicho aprendizaje está necesariamente ligado al adulto.

### 1.1.3. El profesor

Las expectativas del profesor sobre los alumnos parecen ser profecías que se cumplen (Rosenthal & Jacobson, 1978), de modo que el alumno rinde según lo que el profesor espera de él. Por ello es necesario que el profesor sea capaz de confiar en los alumnos y en su aprendizaje, sin juicios.

Teniendo en cuenta que el conocimiento debe adquirirlo el sujeto que aprende, el profesor juega un papel fundamental si quiere tener un estilo educativo personalizador. Se proponen así algunas características del docente (Carrasco & Javaloyes Soto, Motivar para educar, 2015), que debe ser:

1) Integrador:

- Complementariedad de elementos aparentemente contrapuestos.
- Apertura a la realidad natural, social, cultural, familiar.

2) Reflexivo y crítico:

- Promover y reforzar la capacidad de valorar por sí mismo las cosas, los actos, las situaciones, las ideas.
- Tener conciencia del sentido de lo que hace.
- Formulación explícita de un sistema de valores que justifique todas las actividades.

3) Operante y creador:

- Diagnóstico previo y pronóstico del rendimiento de cada alumno, como punto de referencia para exigirle el esfuerzo necesario.
- Selección y realización de trabajos con conocimiento pero sin ayuda del profesor.
- Reforzar la capacidad creativa del alumno en todas las manifestaciones de la vida.

4) Singularizador y convivencial:

- Atención a las diferencias personales y a la creatividad.
- Organización participativa.
- Establecimiento de objetivos comunes e individuales.

- Agrupación flexible de los alumnos.

5) Exigente y alegre:

- Tender al bien (lo bien hecho, lo bien vivido...), cuya consecuencia es la alegría.
- Promover y reforzar la capacidad de descubrir siempre los aspectos positivos de los problemas y situaciones reales de la vida.
- Exigir rendimientos satisfactorios y no solo suficientes.

Un profesor de estas características promueve el saber en el aula, enseña a aprender y pensar, enseña a tomar decisiones a los alumnos, escucha, hace hablar y trabajar a los alumnos, crea responsabilidad en los estudiantes, propone objetivos y planifica, se preocupa por todo el proceso personal y grupal, los alumnos intervienen en la evaluación, trabaja a nivel personal y grupal, estimula, orienta, tranquiliza.

Según Bain (Bain, 2005), lo que los alumnos han detectado en un gran profesor, se puede resumir en los siguientes puntos:

1. Tiene una comprensión intuitiva del aprendizaje.
2. Es un experto en su materia y al día.
3. Le interesa el conocimiento en general (leen sobre otras ramas del saber).
4. Involucra emocionalmente al estudiante.
5. Muestra interés por que el estudiante profundice en lo que estudia, no solo por el resultado de sus exámenes.
6. Hace ver que parte de su éxito como profesor reside en el éxito de los estudiantes.
7. Hace partícipe al estudiante, de modo que se sienta crítico, evaluador, capaz de mostrar lo asimilado.
8. Ofrece anécdotas, lugares, nombres, hechos curiosos que hacen referencia a lo que se está estudiando.
9. Hablan del sentido de la vida, de lo trascendente, a partir de su asignatura.

Obsérvese que ambas fuentes citadas en este epígrafe tienen varias cosas en común, pese a que parten de perspectivas diferentes.

#### 1.1.4. Situación del aprendizaje de la Física en España

La Real Sociedad Española de Física (RSEF) ha realizado un informe por parte del Grupo Especializado de Enseñanza de la Física (Carreras Béjar, Nacenta Torres, Pedro Mestre, & Alonso Sánchez, 2018). En él se observan algunas cuestiones de interés para el presente estudio.

- a) Las horas correspondientes a la impartición de la asignatura en los diferentes cursos se hacen insuficientes para abarcar todo el temario.
- b) La organización del temario favorece que los estudiantes entren en contacto más tempranamente con la asignatura, por lo que los profesores deben saber aprovechar las ocasiones de aprendizaje para que los alumnos aprendan a disfrutar de la Física.
- c) Se aconseja, en la formación de profesores, que éstos ahonden en cuestiones sobre la asignatura y sobre cómo llevar experimentos al aula. Aparte de la competencia digital docente.
- d) Aproximadamente, el 50% de los alumnos matriculados en 4º de ESO cursan Física y Química.
- e) Las notas medias entre 2013 y 2017 en la Comunidad de Madrid se sitúan entre el 5,36 y el 6,18, estando las notas medias de los aprobados entre el 6,95 y 7,53.
- f) El informe también analiza la situación de la mujer en relación a la Física. Se habla del efecto “bio”; si se añade este prefijo a cualquier título (por ejemplo, “Grado en Biotecnología”), el resultado es un aumento en un 30% del número de alumnas matriculadas.

El porcentaje de alumnos varones en el quinquenio 2011/12 - 2015/16 se sitúa en torno al 54%, manteniéndose constante esta proporción hombres/mujeres.

Se observa también que el número de estudiantes mujeres está disminuyendo alarmantemente en las Facultades de Física. La explicación de este descenso la RSEF la encuentra en cuestiones sociológicas, por lo que propone colocar a la Física en un marco en el que sea solución a problemas sociales y políticos, aplicándola a asuntos más solidarios.



Por otro lado, parece que los alumnos españoles aprenden Física sin asimilarla, mecanizando la realización de ejercicios, pero sin comprender las consecuencias profundas de los principios que estudian.

Un ejemplo de ello se muestra un estudio sobre la persistencia de las preconcepciones de estudiantes españoles entre 11 y 18 años sobre circuitos de corriente continua (Solano, Gil, & Suero, 2002). En dicho trabajo se concluye que tras más de ocho años de instrucción, las preconcepciones de los estudiantes prevalecen frente a los años de estudio formal. Y las teorías constructivistas parecen no ofrecer mejores resultados que métodos de enseñanza más tradicionales. A partir de ese estudio, algunos autores proponen métodos de enseñanza que combinan la interactividad del alumno con simulaciones y simplificaciones teóricas que permitan una adaptación a los niveles de adquisición del conocimiento de los estudiantes (Carcavilla Castro & Puey Bernués, 2019), pero de momento no ofrecen resultados contrastados.

En España, las pruebas PISA determinan que se ofrecen una gran cantidad de contenidos, pero que los alumnos no son capaces de transferir lo aprendido. Se requiere entonces una forma más holística de aprendizaje (Alonso, 2003), que permita esa transferencia y no un mero planteamiento constructivista.

Existe un centro en España con una calificación en PISA que supera a la de Singapur. La metodología está fundamentada en métodos tradicionales, exigencia por parte del profesorado y trabajo por parte de los alumnos (Sanmartín, 2017). De nuevo, el factor esfuerzo aparece como una condición importante para un correcto aprendizaje.

Se hace necesario un nuevo paradigma educativo que permita tener en consideración todo lo expuesto.

### **1.1.5. Factores psicopedagógicos**

El autoconcepto es fundamental. Conocer nuestras potencialidades y nuestras debilidades se hace imprescindible para que se den apropiadamente los procesos de metacognición, ligados necesariamente a una buena autoestima si consideramos el éxito como una fuente de motivación intrínseca, tal y como apuntan Atkinson y McClelland (Weibell, 2011).

Es bien conocido que los factores ambientales tienen una influencia importante en los procesos de aprendizaje (en torno a un 55%) y en los procesos volitivos (en torno a un 75%) (Corominas, 1993). La plasticidad cerebral permite reestructurar diferentes partes del cerebro mediante la exposición ambiental y experiencial (Purves, Neurociencia, 2008). La optimización de recursos neuronales que se produce en la adolescencia, a modo de poda neuronal, hace que dicha plasticidad sea más difícil, pero es una cualidad del cerebro que se da a lo largo de la vida (F.E. Jensen, 2015).

La teoría de los periodos sensitivos de Montessori (Montessori, 1986) describe también un fenómeno cerebral conocido: el cerebro tiene un desarrollo fisiológico concreto que permite adquirir y habilidades concretas en momentos determinados de su desarrollo, siendo más complicada dicha adquisición tras el momento propicio para ello. Es muy conocido el caso de Jacobo IV, que para conocer el lenguaje natural que el hombre debía hablar aisló a varios niños y fueron cuidados por una persona sordomuda. Aquellos niños nunca aprendieron a hablar.

La relevancia de las operaciones mentales descritas por Feuerstein y su teoría de la modificabilidad cognitiva y del aprendizaje mediado, en el fondo basada en la plasticidad del cerebro, están centrando los esfuerzos docentes en desarrollar técnicas de desarrollo cerebral con cierta independencia de los contenidos, pues siempre serán accesibles en la era de la información en la que vivimos en la actualidad.

#### **1.1.5.1. Las operaciones mentales de Feuerstein**

Según la edad y la capacidad cerebral, se producen diferentes estadios de aprendizaje. El aprendizaje mediado supone la intervención del profesor, de modo que se puede lograr una modificabilidad cognitiva en base al conocimiento de los procesos mentales que se dan en el aprendizaje. De menor a mayor nivel, las operaciones mentales son (Feuerstein, 2015):

**IDENTIFICACIÓN:** Reconocimiento de la realidad por medio de sus rasgos característicos globales recogidos en un término que la define.

**DIFERENCIACIÓN.** Reconocimiento de la realidad por sus características, pero distinguiendo las relevantes y las irrelevantes, en cada momento. Se estudian las semejanzas y diferencias entre objetos o hechos. La percepción de los objetos necesita ser clara y estable para poder comparar.

**REPRESENTACIÓN MENTAL.** Interiorización de las características de un objeto. Representación de los rasgos esenciales que permiten definir un objeto. No es la fotografía del objeto, sino la representación de los rasgos esenciales que permiten definirlo como tal.

**TRANSFORMACIÓN MENTAL.** Operación mental que nos permite transformar, modificar las características de los objetos para producir representaciones de un mayor nivel de complejidad o abstracción.

**EVOCACIÓN.** Capacidad de recordar una experiencia previa.

**COMPARACIÓN.** Búsqueda de semejanzas y diferencias entre objetos o hechos, de acuerdo con sus características (incluye identificación y diferenciación).

**CLASIFICACIÓN.** Agrupación de objetos de acuerdo con sus atributos comunes. Los criterios de agrupación son variables.

**SERIACIÓN:** Habilidad de ordenar elementos de acuerdo a uno o más criterios.

**CODIFICACIÓN-DESCODIFICACIÓN.** Operación mental que permite establecer símbolos -codificación- o interpretarlos -descodificación- de forma clara y precisa, sin ambigüedades.

**PROYECCIÓN DE RELACIONES VIRTUALES.** Capacidad para ver y establecer relaciones entre estímulos externos; relaciones que no existen en la realidad, sino sólo potencialmente. Si los estímulos están debidamente organizados, proyectamos esas relaciones ante estímulos semejantes. Proyectamos imágenes, les hacemos ocupar un lugar en el espacio.

**ANÁLISIS-SÍNTESIS.** Descomposición de la realidad -todo- en sus elementos constitutivos -partes- (análisis). Unión de las partes para formar un todo: el mismo u otro nuevo (síntesis).

**INFERENCIA LÓGICA.** Operación mental que nos permite realizar deducciones a partir de unas informaciones previas. Es la capacidad para realizar deducciones y crear nueva información a partir de los datos percibidos.

**RAZONAMIENTO ANALÓGICO.** Cuando establecemos una analogía estamos estableciendo una proporción: dados tres términos, se determina el cuarto por deducción de la semejanza: Gafa es a ojo como audífono a... No vale como

argumento demostrativo, pero si como descubrimiento y muestra de convicción (sol/naturaleza =hijo/padres).

**RAZONAMIENTO HIPOTÉTICO.** Operación por medio de la cual podemos predecir hechos a partir de los ya conocidos y de las leyes que los relacionan. Es la capacidad mental de realizar inferencias y predicción de hechos a partir de los ya conocidos y de las leyes que los relacionan.

**RAZONAMIENTO TRANSITIVO.** Capacidad para ordenar, comparar y describir una relación de forma que lleguemos a una conclusión. Es una propiedad de la lógica. Es deductivo, permite la inferencia de nuevas relaciones a partir de las ya existentes. Surgen las implicaciones (Si P implica Q y Q implica R, entonces P implica R). También surgen equivalencias: (Si  $p = q$  y  $q = r$ , entonces  $p = r$ ).

**RAZONAMIENTO SILOGÍSTICO.** Operación mental que, a través de unas determinadas leyes, nos permite llegar a la verdad lógica, aunque no sea la verdad real. Esta especie de matemática universal permite el ejercicio de pensamiento lógico y el desarrollo de capacidades como: construir modelos mentales de la situación (escenario) ayudarse de leyes para ser más lógicos; suprimir la palabra imposible ante situaciones que lo parecen, codificar y descodificar los modelos mentales.

**PENSAMIENTO DIVERGENTE.** Tiene fuerte relación con la creatividad. Está contrapuesto al convergente. Se trata de establecer relaciones nuevas sobre lo que ya se conoce, de forma que se llegue a soluciones nuevas, originales, a productos nuevos en forma de ideas, realizaciones o fantasías. Se puede hacer equivalente al pensamiento creativo. Está en función de la flexibilidad.

**PENSAMIENTO CONVERGENTE:** Lleva al dominio riguroso de los datos, a la exactitud al rigor científico.

**RAZONAMIENTO LÓGICO.** Es la culminación. Todo el desarrollo mental lleva al pensamiento lógico. Este pensamiento lógico formal consiste en la representación de acciones posibles; es el arte del buen pensar; la organización del pensamiento que llega a la verdad lógica, gracias a otras formas de pensamiento (inferencial, hipotético, transitivo, silogístico...).

Razonamiento lógico por abducción. Es el razonamiento basado en indicios, propio –por ejemplo- de los diagnósticos médicos. Ejemplo: Premisa 1: Todas las judías de este saco son blancas (Regla o ley). Premisa 2. Nos encontramos con un hecho: Estas judías son blancas. 3. Extraer una

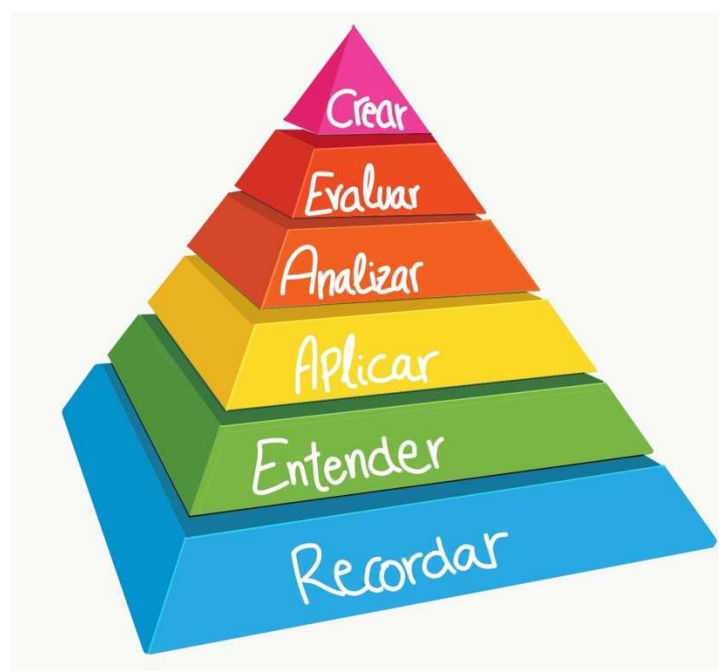
conclusión que conecta ambos datos: Estas judías vienen de este saco, cuando podrían provenir de otros.

Razonamiento lógico por inducción. Razonamiento que generaliza a partir de un número determinado de ejemplos. Es el paso de lo particular a lo general. Es la manera de razonar propia de las ciencias empíricas. Ejemplo: Premisa 1. Hecho: Estas judías (no todas las del saco) provienen de este saco. Premisa 2. Hecho: Estas judías (las mismas que las de la premisa 1) son blancas. Conclusión generalizadora: Todas las judías de este saco son blancas.

Razonamiento lógico por deducción. Es el paso de lo general a lo particular. Ejemplo: Premisa 1: Todas las piezas de construcción de esta caja son blancas (Regla o ley). Premisa 2: Estas piezas provienen de esa caja (Hecho). Conclusión: Estas piezas son blancas.

#### 1.1.5.2. Taxonomía de Bloom

Desde el punto de vista educativo se lleva usando varias décadas la taxonomía de Bloom para el establecimiento de objetivos, de modo que se puede secuenciar la adquisición del conocimiento desde la memoria hasta la personalización de los mismos a través de procesos creativos.



Esta conocida pirámide permite diseñar estrategias de participación específicas para los alumnos y comprobar el nivel de adquisición de los conocimientos.

### **1.1.5.3. Inteligencias múltiples**

En principio cualquier asignatura podría servir para desarrollar las capacidades de la persona. Las inteligencias múltiples (Gardner, 1983) revolucionaron la forma de entender la educación hace algunas décadas. Aunque el concepto de “inteligencia múltiple” no ha sobrevivido, dado que sabemos que la inteligencia es una, la idea de capacidades o competencias sigue vigente.

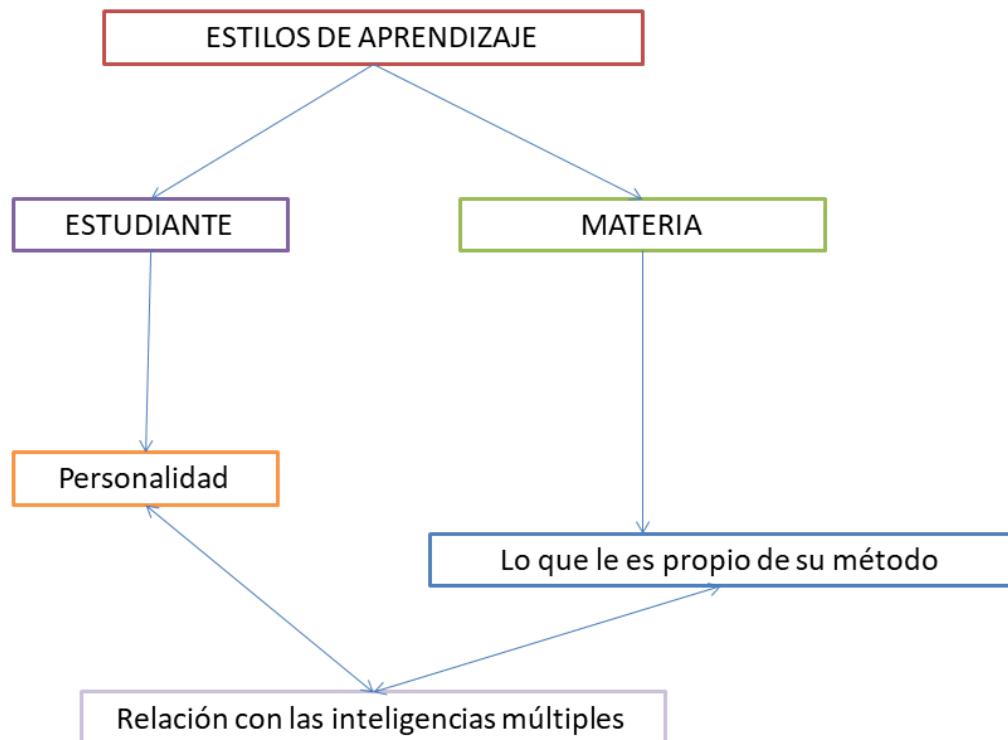
Las inteligencias múltiples que propone Gardner son:

1. Inteligencia lingüística
2. Inteligencia lógico-matemática
3. Inteligencia espacial o visual
4. Inteligencia musical
5. Inteligencia corporal-cinestésica
6. Inteligencia intrapersonal
7. Inteligencia interpersonal
8. Inteligencia naturalista
9. Inteligencia digital y del tratamiento de la información.

Gardner reconoce que esta lista de capacidades o competencias puede crecer. La última que se ha descrito fue insertada ya en el siglo XXI (Martín Lobo, 2011). En la actualidad se habla propiamente de habilidades, aptitudes, competencias o capacidades, más que de inteligencias.

### **1.1.5.4. Estilos de aprendizaje**

Otra cuestión importante en el aprendizaje es la forma de aprender y las técnicas que se usan para ello. Esto depende de la personalidad de la persona y del objeto de estudio.



Aunque hay muchas clasificaciones de estilos de aprendizaje, según la preferencia de procesamiento de la información podemos encontrar los siguientes estilos:

- Hemisferio derecho / izquierdo
- Cortical / límbico
- Concreto / abstracto
- Activo / pensativo
- Visual / verbal
- Inductivo / deductivo
- Secuencial / Global

No se pretende aquí desarrollar y mostrar los pros y contras de cada clasificación, pero sí se desea mostrar que los estilos cognitivos de aprendizaje juegan un importante papel en la activación de diferentes zonas del cerebro, como así se muestra por resonancia magnética funcional (Zarnhofer S., 2013).

En cualquier caso, queda claro que la información debe presentarse en la gama más amplia de formatos, pues tener un estilo predominante no implica no tener habilidades pertenecientes a otros.

#### 1.1.5.5. La personalidad. El carácter

Los factores que influyen en la formación de la personalidad son los ontogénicos, determinantes biológicos y ambientales (familia), factores históricos (que incluyen acontecimientos muy diversos de un determinado medio cultural) y factores no normativos (atingentes a todo aquello susceptible de dejar huella en la personalidad) (Polaino-Lorente, 2003).

Los cambios físicos y la crisis de identidad son rasgos esenciales en la adolescencia, por lo que los alumnos son más susceptibles a sí mismos y al entorno, presentando de forma más o menos acusada una labilidad afectiva. Es precisamente en los factores no normativos donde podemos encontrar la diferencia, lo que provoque que una persona encuentre su vocación, hacia las ciencias, por ejemplo. Se pone de manifiesto la gran responsabilidad educativa que asumen los docentes.

El modelo Heymans-Le Senne que analiza la resonancia, la actividad y la emotividad, resulta de gran utilidad por su simpleza; permite describir el carácter de una persona a través de estos tres únicos factores, con las limitaciones que supone, pero de una forma bastante certera. El modelo es matizado por la anchura o no de campo y se desprenden de él ocho tipo básicos caracterológicos, que a su vez pueden combinarse. A saber (Gay, 2003):

1. nervioso (emotivo, no activo, primario)
2. apasionado (emotivo, activo, secundario)
3. colérico (emotivo, activo, primario)
4. sentimental (emotivo, no activo, secundario)
5. sanguíneo (no emotivo, activo, primario)
6. flemático (no emotivo, activo, secundario)
7. amorfo (no emotivo, no activo, primario)
8. apático (no emotivo, no activo, secundario)

Estos perfiles generales son de utilidad para poder personalizar y adaptar la forma de exponer contenidos y provocar el trabajo en los alumnos.

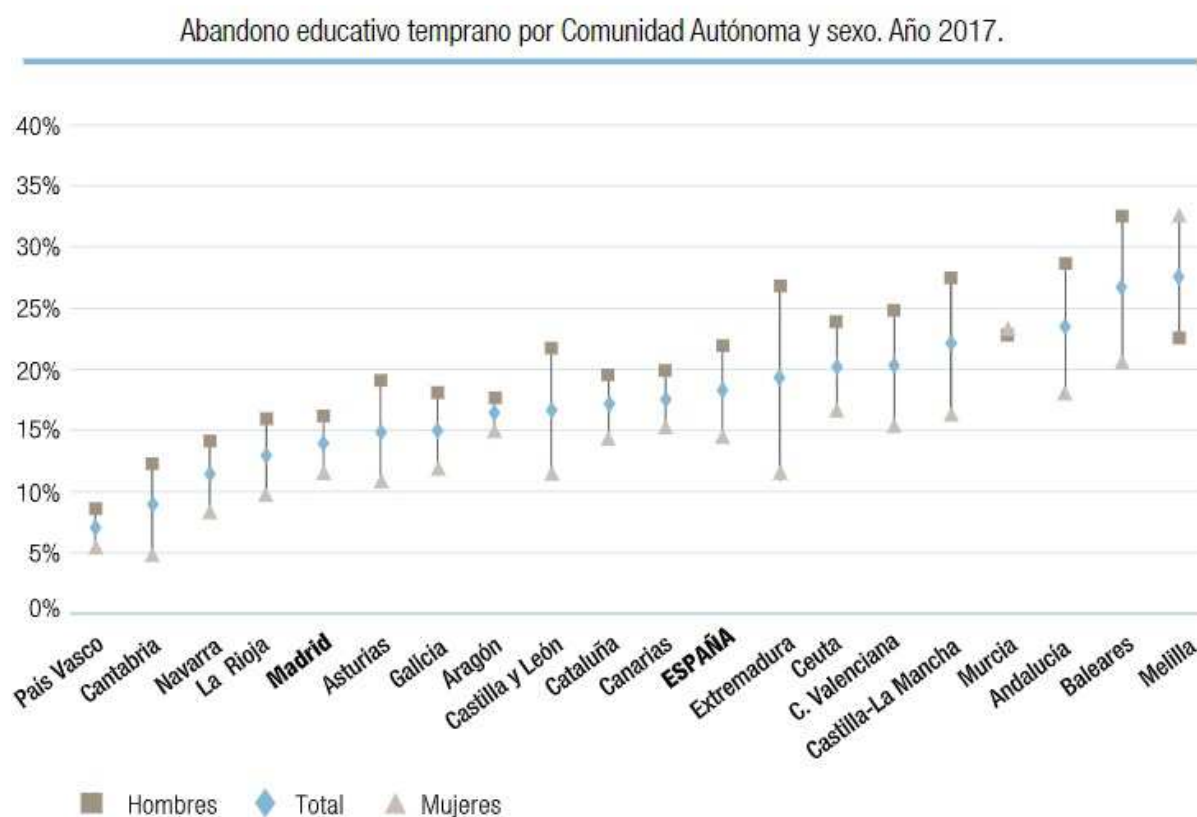


### 1.1.6. Diferencias sexuales fenotípicas y dimorfismo sexual

Los seres humanos normales no son psicológicamente neutros al nacimiento, sino que están, según su herencia de mamíferos, predispuestos y sesgados para interactuar con fuerzas ambientales, familiares y sociales de un modo masculino o femenino (Diamond, 1997).

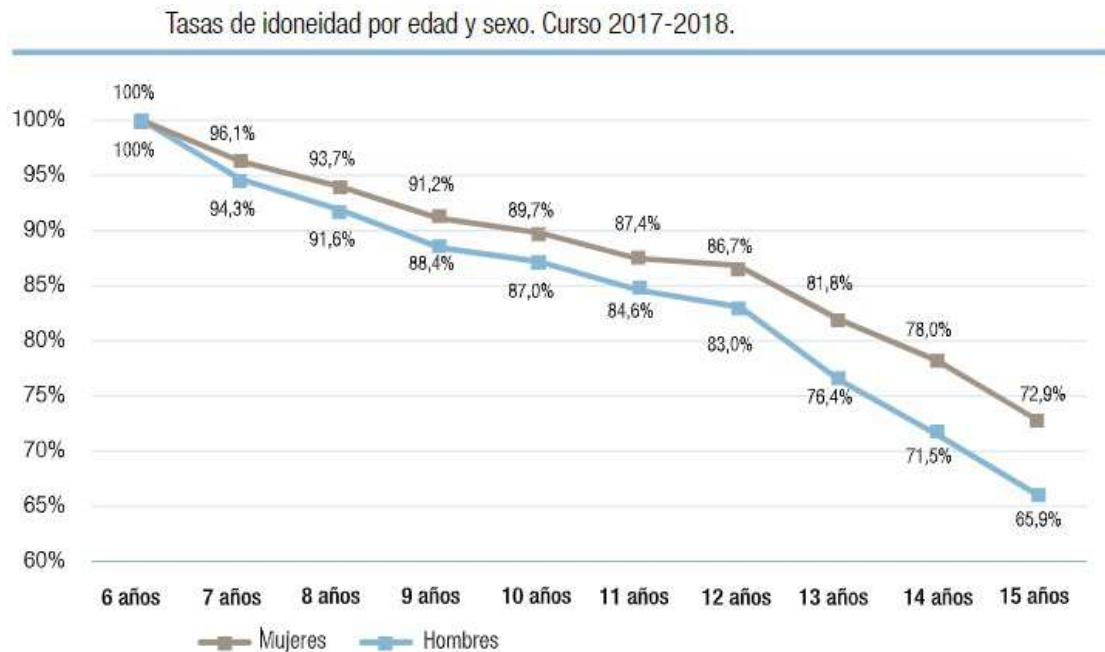
Más allá de la acción de las hormonas y de las diferencias fenotípicas (Purves, Sexo, sexualidad y encéfalo, 2008), hay un hecho destacado que influye profundamente en la capacidad de aprendizaje de los adolescentes: las áreas de Broca y Wernicke están más desarrolladas en las mujeres que en los hombres, existiendo un desfase de unos 18 meses en dicho desarrollo, de modo tal que no se equiparan aproximadamente hasta los dieciséis años (Brizendine, 2006), (masculiuno, 2010).

Estas cuestiones provocan un desfase entre hombres y mujeres en su evolución del aprendizaje, como se puede observar en la siguiente figura:



Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Encuesta de Población Activa.

La tasa de abandono escolar en varones es superior al de las mujeres. También se observa que la tasa de idoneidad (adecuación entre el curso escolar y la edad del individuo) también se desajusta más entre varones que entre mujeres.



*Fuente: Dirección General de Becas y Ayudas al Estudio.*

Pese a que las mujeres parecen tener mayor éxito en los estudios preuniversitarios, pocas se deciden por grados científicos, en comparación con los varones que sí que los cursan.

El día 11 de febrero, desde 2013 y promulgado por la ONU, se ha declarado Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia (Bascones, 2017).

Según la UNESCO, tan solo el 28% de los investigadores del mundo son mujeres. Y está cayendo las vocaciones a carreras técnicas en España: sólo un total del 6-7% de los universitarios españoles de ambos sexos siguen carreras 'de STEM' (Puy, Cabello, Martín, Ruiz, & Valeria, 2015).

Recientes estudios han analizado el efecto del prejuicio que puede existir sobre el hecho de que los varones deben tener mejores aptitudes para la Física que las mujeres (Maries, Karim, & Singh, Is agreeing with a gender stereotype correlated with the performance of female students in introductory physics?, 2018), mostrando que dichos prejuicios desaparecen cuando el número de alumnas es similar al número de alumnos en un clase.

En el mencionado informe de la RSEF sobre el estado de la Física en España, se comenta el efecto “bio”: algunos grados aumentan su población femenina hasta en un 30% por el solo hecho de colocar el prefijo “bio” en la descripción del grado. Y parece una solución que en otros lugares también se ha tomado de forma similar. En Alemania se ha intensificado la vinculación entre Física y medicina para lograr que haya más mujeres estudiando Física (Wulff, Hazari, Petersen, & Neumann, 2018).

Parece claro que hay diferencias en los estadios físicos y específicamente cerebrales, así como factores sociológicos, que influyen directamente en el aprendizaje.

### **1.1.7. Factores sociológicos**

#### **1.1.7.1. La familia y el aprendizaje**

Robinson señala el ambiente familiar como uno de los factores determinantes en el aprendizaje (Robinson, 1946). Los trabajos de Brueckner y Bond (Brueckner & Bond, 1981), muestran que el 47% de los estudiantes con problemas en los estudios no los superaron hasta que algunas condiciones familiares cambiaron, pese a haber existido medidas tomadas desde el punto de vista pedagógico.

Se sabe que el ambiente familiar puede ser tan decisivo como las propias capacidades intelectuales (Bloom, 1964).

Los estilos educativos de las familias son determinantes. La clasificación general es la de familias autoritarias, permisivas y asertivas o democráticas (Polaino-Lorente, 2003).

En la comunidad de Madrid, el 78,5% de quienes tienen hijos menores de 18 años les ayudan en sus estudios todos o casi todos los días, el 11,4% una o dos veces por semana. No lo hace nunca el 5,4% y ocasionalmente (una vez al mes o año) el 4,7% (Vidal, Hamburger, & Mota, 2017). Estos datos indican que hay una implicación de los progenitores en la educación escolar de sus hijos.

### 1.1.7.2. El ambiente social

Está comprobado que la clase social no influye el C.I. del individuo.

Tenemos ejemplos a lo largo de la historia de personas desfavorecidas económicamente hablando con gran capacidad de aprendizaje, como Nikola Tesla.

Pero no es cierto que tengan las mismas oportunidades. Por lo general, las personas con menos recursos están menos expuestas a una la cultura en términos escolásticos. Incluso en el ambiente familiar se nota la diferencia: en una familia en la que los padres no tienen formación se escuchan aproximadamente unas 1250 palabras distintas por hora, mientras que en una familia culta el número asciende hasta las 2150 palabras por hora (Entrevista a Gregorio Luri, 2015). Si el lenguaje es un medio de transmisión cultural, parece evidente que las diferencias empiezan ya en el seno familiar. Las habilidades en la lectura de los padres tienen una influencia directa en la capacidad de aprender a leer de sus hijos y en su materia blanca, aunque hay factores genéticos (Vandermosten, 2017).

Las intervenciones públicas que realizan los alumnos resultan a veces potenciadas por la presencia de sus iguales y otras veces resultan contraproducentes (Belletier, Normand, & Huguet, 2019), como consecuencia de las características de la personalidad de cada individuo, lo que implica conocer a los alumnos y lo que pueden ofrecer públicamente a lo largo de un recorrido junto al profesor, quien debe proponer metas alcanzables en cada momento.

Encontramos también diferencias en los resultados académicos en función de la zona del planeta a analizar. Por ejemplo, el éxito en el aprendizaje de alumnos asiáticos se debe en gran medida a una cultura en valores, con cierto nivel de exigencia en el que el esfuerzo tiene una gran importancia. Algunos especialistas en educación, como Gregorio Luri e Inger Enkvist, afirman que sin esfuerzo no hay aprendizaje posible. Ya se ha expuesto una posible explicación neurocientífica de esta cuestión.

### 1.1.8. La antropología y la neurociencia

Como se ha mostrado, las posibilidades de combinaciones sinápticas en el cerebro son grandísimas (Levitin, La música y tu cerebro, 2006). La fórmula que nos permite conocer cómo  $n$  neuronas pueden estar conectadas entre sí es:

$$2^{(n(n-1)/2)}$$

Tan solo seis neuronas, supondrían 32768 posibilidades.

Esto refuerza la propuesta de la personalización educativa, pues cada individuo tiene una forma única de aprender, de sentir, de razonar...

Constitutivamente somos singulares, con una apertura al mundo, a los demás y a nuestro tiempo (García Hoz, 1988). Estos constituyentes se manifiestan en diferentes planos, como son el plano puramente físico, la afectividad, la inteligencia y nuestra voluntad.

Cualquier intervención educativa debe tener en cuenta la unidad de la persona y todas sus dimensiones y constituyentes.

### 1.1.9. Propuestas educativas actuales sobre la enseñanza de la Física

Algunos autores han propuesto un marco teórico de investigación de la educación de la Física (Redish E. F., 2003) basándose en los siguientes principios:

Principio 1: todos los fenómenos se pueden describir a partir los objetos fundamentales y de las leyes que son conocidas.

Principio 2: Toda cognición tiene lugar como resultados de la actividad neuronal en cada cerebro individual.

Principio 3: principios básicos de neurociencia (las neuronas están conectadas entre sí, las neuronas envían señales eléctricas cuando se activan, existen varios estadios de activación neuronal, varias neuronas pueden conectarse con una sola, las conexiones neuronales pueden excitar o inhibir otras regiones cerebrales, señales de una o más neuronas pueden darse en la activación de neuronas conectadas, la información fluye por grupos neuronales como las sensoriales y por neuronas que procesan y que ofrecen una respuesta y retroalimentan a las primeras, el aprendizaje parece asociado al crecimiento de la conectividad sináptica.

Principio 4: existe un mundo real en el que todos los individuos forman su propia interpretación interna basándose en la entrada que producen los sentidos.

Principio 5: el nuevo conocimiento se construye a partir de la base establecida por el conocimiento existente, que permite nuevos vínculos y suprimir otros.

Principio 6: principios cognitivos (memoria a largo y corto plazo, memoria de trabajo, necesidad de la repetición en la memoria a largo plazo, obtener información de la memoria a largo plazo hacia la memoria de trabajo puede resultar difícil y puede emplear mucho tiempo).

Principio 7: principios de la memoria de trabajo (es limitada, no funciona con independencia de la memoria a largo plazo, la efectividad de la memoria de trabajo depende del estado mental y del conocimiento de la persona).

Principio 8: La activación de un recurso en particular en respuesta a un estímulo puede depender del estímulo y del contexto del patrón de activación existente en el cerebro cuando se presenta el estímulo).

Principio 9: El objeto de estudio presentado a un estudiante no es parte del contexto del estudiante hasta que es consciente de ello.

Principio 10: Los recursos y las estructuras que los organizan, esquemas y modelos, son productivamente recreados a partir de la activación de pequeños elementos de la memoria a largo plazo.

Principio 11: razonar sobre una cuestión particular implica selección, tácita o explícita, a partir de una colección de recursos.

Este marco teórico, como tal, no ofrece datos experimentales contrastables más allá de diversos ejemplos, pero se observa que muchos de los principios expuestos son comunes a la propuesta metodológica del presente estudio.

El *enfoque docente basado en el cerebro* (BBTA, Brain Based Teaching Approach) que proponen Caine y Caine se fundamenta en los siguientes principios:

1. El cerebro procesa la información en paralelo.
2. Los procesos de aprendizaje involucran al cerebro en su totalidad.
3. La búsqueda de significado es innata.
4. La búsqueda de significado se da a través de patrones.
5. Las emociones son fundamentales para formar patrones.
6. El cerebro procesa el todo y las partes simultáneamente.

7. Aprender implica tanto al foco atencional como a los procesos de percepción.
8. Aprender involucra siempre a procesos conscientes e inconscientes.
9. Tenemos dos tipos de memoria: una memoria espacial y los sistemas que permiten el aprendizaje de la memoria.
10. Entendemos y recordamos mejor cuando los hechos y las habilidades se enmarcan de forma natural en la memoria espacial.
11. El aprendizaje mejora con retos y se inhibe por las amenazas.
12. Cada cerebro es único.

Estos principios se concretan en tres técnicas prácticas:

1. Inmersión orquestada, en la que se crea el ambiente apropiado para la experiencia educativa.
2. Ambientes relajados, sin tensiones, mientras que los retos permiten el desarrollo de ese ambiente de aprendizaje.
3. Procesamiento activo, que permite al estudiante consolidar e interiorizar el conocimiento mediante un proceso activo.

La efectividad de este aprendizaje BBTA (Caine & Caine, 2003) ha sido probada anteriormente, demostrando que los resultados específicos en la enseñanza de la Física con estas técnicas ofrecen mejoras en la comprensión de las leyes newtonianas (Saleh, 2012).

La concreción del artículo de Saleh, aplicada durante tres meses a un grupo malasio que se comparó con otro de control, concretaba la metodología en los siguientes pasos:

1. Activación.
2. Clarificación de conocimiento y dibujo con cuestiones del tema a tratar.
3. Haciendo conexiones.
4. Haciendo la actividad de aprendizaje.
5. Demostración de la comprensión del alumno.
6. Revisión de la capacidad de retención y reproducción del alumno.
7. Previsualización del siguiente tema a aprender.

Los resultados del estudio también ofrecieron como resultado que los alumnos, pese a la mejora, no alcanzaban la excelencia. Las posibles razones que se esgrimían son:

1. Implicación de los alumnos, que no siempre es activa.

2. Habilidades del profesor y su experiencia: se requiere que el profesor esté bien formado.
3. Los alumnos deben conocer algunos aspectos del BBTA de forma explícita.

Tras los resultados del BBTA, la metodología se implantó en un centro de Nueva Jersey.

Estas metodologías han demostrado provocar mayores motivaciones para aprender Física a estudiantes de secundaria (Saleh, 2011).

## 1.2. Propuesta de intervención educativa

Tras la fundamentación teórica mostrada y atendiendo a las características del conocimiento y del adolescente se propone una metodología basada en:

Atención a la persona, en su singularidad y características propias.

1. Implicación de la unidad del conocimiento. Necesaria relación entre la Física y otras ramas del saber, como las Matemáticas, la Biología, la Filosofía, la Historia, la Geografía y la Música, entre otras. La transversalidad no existe como tal, sino que es inherente a la forma de adquirir el conocimiento.
2. Generación de conocimiento significativo a través de la relación afectiva del sujeto con lo que debe aprender. Empleo del cine y la literatura.
3. La clase argumentativa permite juzgar y razonar, reconocer el valor que ese conocimiento tiene. La razón como motor del aprendizaje.
4. Experimentación (inductiva, deductiva y abductiva).
5. Con la propuesta que se propone, se puede generalizar esta forma de aprender a otras asignaturas, no solo la Física, en tanto en cuanto se defiende lo inextricable de la transversalidad en el propio conocimiento.

Los factores ambientales del método buscan la sensibilización neuronal y son:

- a) Las clases se realizan en el laboratorio. En cualquier momento de la dinámica del aula se puede requerir de material del laboratorio para reorientar la clase o contestar una pregunta. Además, la distribución de la clase en grupos de trabajo y no en filas y columnas como suele darse en una clase convencional permite la interacción de los alumnos entre sí para



poder trabajar, bien en discusiones, bien en sesiones de laboratorios o problemas.

- b) La recepción de los alumnos es con música, que dependiendo de la hora o circunstancias del día (exámenes, primera hora...), puede ser de autores de música clásica o jazz o de música pop o rock. Una vez que termina la música, de forma inmediata, los alumnos reconocen que comienza la sesión y se disponen a ello en silencio. Así pues, la música predispone a un ambiente distendido, de relajación previa a la sesión, refuerza vínculos afectivos con el profesor y los compañeros a través del arte y reconocen el comienzo de la actividad de aula.
- c) Se favorece la movilidad de los alumnos en el aula. Se pueden levantar para que la distribución cambie en función de la actividad que se esté realizando en ese momento.

Los pasos metodológicos son:

1.- Captación del foco atencional a partir de:

- a) La visualización de una escena de una película, con una situación Física que haya que estudiar. La realidad circundante ofrecerá una referencia afectiva. El cine ofrece una referencia visual que capta con frecuencia mayor información que otros sentidos.
- b) Experimentos magistrales realizados en clase, en ocasiones a modo de juego de magia, implicando a los alumnos como ayudantes. La curiosidad iniciará los procesos de memoria implícita.

Empleando uno o los dos procedimientos se accede a la información de forma multisensorial.

Se busca el efecto de imprimación (*priming*) y el empleo de la heurística precisamente para ser crítico y reparar en la necesidad de favorecer las funciones ejecutivas.

2.- Analizar el conflicto argumentativo que dirige la escena, de modo que los afectos estén involucrados. Según propone Antonio Damasio (Damasio, 2003), la afectividad está presente en muchas de las decisiones que tomamos de forma no consciente; hagamos que ese factor juegue a favor del aprendizaje.

Entre la clase tradicional, el aprendizaje individual con un tutorial, el trabajo cooperativo con un tutorial y el trabajo cooperativo con un tutorial y un profesor que hace de guía de forma socrática, se ha comprobado que la clase mayéutica

es la que permite un mayor aprendizaje de los conceptos de la Física (Koenig, Endrof, & Braun, 2007).

3.- Reparar en lo cotidiano de muchas de las situaciones que son susceptibles de analizar y su vinculación directa con la realidad del alumno. La Física no es ajena a su mundo. Esto se hace necesario si se quiere establecer un vínculo afectivo entre el alumno y lo que aprende.

4.- Parametrización de la ley Física a partir de los condicionantes que se vayan analizando entre los alumnos, lo que implica argumentar y discutir la validez de los parámetros a emplear. A saber: magnitudes involucradas en el fenómeno y tipo de dependencias matemáticas entre ellas. Se dan por tanto la inferencia lógica inductiva y por deductiva. Necesariamente juega un papel importante la creatividad para descubrir o defender posturas que expliquen los hechos.

En este punto, ya se requiere de funciones ejecutivas. Aparece la necesidad del esfuerzo y la implicación explícita de la persona, de la memoria.

5.- Para realizar todos estos pasos adecuadamente, se contextualiza históricamente, para que sean los alumnos los que puedan inferir lo que mayéutica mente el profesor está proponiendo. Se trata de la clase argumentativa, en la que lo que se estudia aquello que se le da un valor y éste debe ser descubierto en relación a la persona. Esto implica también el pensamiento del planteamiento de las consecuencias sociales y filosóficas de lo que se está descubriendo. De este modo el estudiante intenta resolver en primera persona la cuestión o problema que se está tratando con los recursos que tenían los pioneros de la Física.

6.- La teatralización del proceso ayuda a sentir, es decir, que fisiológicamente se establezcan vínculos entre lo que es motivo de estudio y el estudiante.

7.- Corroboración de que la propuesta, en su forma matemática, cumple los supuestos de la realidad de los que se han partido en las escenas. Se pueden emplear nuevas escenas para comprobar si lo descrito es apropiado (razonamiento lógico deductivo).

8.- Problemas contextualizados en los que se presenta un asesinato o un robo y se deben resolver a través de las pistas que se ofrecen empleando los contenidos trabajados. La contextualización de los problemas permite un mayor desarrollo de las habilidades para resolver problemas, pasando de estrategias que limitan (escribir ecuaciones, las cosas conocidas o las no conocidas o buscar ejemplos

similares) a estrategias que amplían horizontes (realización de diagramas, descripción de los conceptos, análisis cualitativo, desglose en subproblemas), de modo que los alumnos están también más motivados ante lo que están aprendiendo (Ogilvie, 2009). Precisamente, la diferencia entre un experto realizando problemas es que analiza cualitativamente la situación y la describe a partir de primeros principios, pero los novatos en Física intentan emplear la ecuación que mejor se adapte a los datos que tienen (Dockett, y otros, 2016). La metodología favorece el pensamiento del experto, más que la del novato.

9.- La importancia de los laboratorios es fundamental, tanto para emplear la lógica deductiva como la inductiva. Dependiendo del tema a trabajar, se pueden realizar antes o después del desarrollo teórico o realización de problemas. En algunos casos para reforzar lo trabajado, en otros para que surja la curiosidad de la explicación. Los laboratorios tienen una importancia capital tanto en las motivaciones de los alumnos como en la comprensión de conceptos (Husnaini & Chen, 2019). Tal y como propone Bain los alumnos pueden autoevaluar su trabajo y participan de la calificación de las prácticas de laboratorio a través de una rúbrica (Bain, 2005).

El empleo socrático de los laboratorios ha sido satisfactorio con anterioridad (Hake, 1992), hasta el punto de ser utilizada actualmente por la doctora Arlene Gallagher (Trinity College) para atraer a adolescentes hacia la Física en sus talleres divulgativos.

10.- Autoevaluación a través de pruebas sin valor sobre la nota (para evitar el estrés), pero que ayudan al alumno a comprobar si se han adquirido o no los conocimientos trabajados.

El orden de trabajo no es siempre el expuesto hasta aquí, pues en ocasiones las escenas se dejan para el final a modo de síntesis que los alumnos deben explicar o se empieza por plantear preguntas en una sesión de laboratorio o a partir de una contextualización histórica en la que el alumno debe ponerse en el papel del investigador del que se trate... Esto provoca dinamismo en el aula, novedad que ayuda a mantener la atención a través de los contenidos.

11.- Propuesta de trabajos de enriquecimiento, de modo que el alumno sea el que ponga límite al conocimiento que quiere adquirir, partiendo de los mínimos contenidos que se deben adquirir.

Algunos ejemplos de trabajos de enriquecimiento:

- Los alumnos podrán subir su calificación en la asignatura leyendo un libro por trimestre de los ofertados en la biblioteca del departamento y enviando una valoración propia del mismo al profesor.

- Entrega de trabajos sobre libros voluntarios leídos.

- Entrega de los trabajos de enriquecimiento recomendados en cada unidad, de profundización en algún aspecto del capítulo.

- Investigación más extensa sobre algún aspecto de la asignatura.

- Participación en concursos externos relacionados con la asignatura.

- Si se realiza una exposición oral de unos 10 minutos aproximadamente sobre un informe de laboratorio, tras la corrección pertinente realizada por el profesor.

- Búsqueda y análisis de escenas en las que observe y relacione algún principio trabajado en clase. Se debe concretar esa relación de forma argumentada a través del diseño de un problema y el procedimiento para su resolución, que puede ser empleado en los exámenes escritos.

- Problemas novelados en los que el alumno describa una situación más o menos real, pero con una base en relación a la asignatura, de modo que se plantee un conflicto argumentativo en el que se deben emplear los principios estudiados para resolverlo. Se debe incluir el procedimiento para su resolución. Los más interesantes serán expuestos públicamente.

- Aplicación de lo estudiado a algún artefacto, desde objetos mecánicos griegos hasta la vinculación a la tecnología y la robótica y la programación. Este procedimiento deberá contar también con la supervisión del departamento de Tecnología, según requiera el proyecto e indique el profesor de Física y Química tras recibir la propuesta por parte del alumno.

- Realización de cortos en los que se emplee alguno de los principios estudiados en clase, de no más de cinco minutos de duración. Debe contar con un dossier explicativo de la vinculación con la asignatura, así como el guion.

- Fotografías artísticas con una relación con la materia estudiada y que requieran una preparación para su realización. Debe incluir un título y una breve explicación de su vinculación con la asignatura.

- Los alumnos pueden proponer su propio trabajo creativo y contrastarlo con el profesor antes de realizarlo.

En todo el proceso propuesto se sigue la taxonomía de Bloom, respetando y potenciando los procesos singulares de cada alumno, dentro de lo que se puede en un grupo numeroso de alumnos y su implicación en su propio proceso de aprendizaje.

Para comprobar si el aprendizaje razonado se da, observaremos si el alumno:

- a) Expresa las ideas con sus propias palabras, oralmente o por escrito.
- b) Pone ejemplos o aplicaciones diferentes a los que se les ha dado.
- c) Reconoce la idea en circunstancias diferentes a las empleadas para mostrar ese conocimiento.
- d) Encuentra relaciones entre lo estudiado y otras ideas o hechos conocidos. Vinculación con otras materias o aspectos de la realidad.
- e) Saca conclusiones propias.

La metodología requiere de la generación de materiales propios en los que se incluyen escenas trabajadas en clase y simulaciones o laboratorios virtuales o físicos, para que el alumno complemente lo que sucede en clase con la propuesta de contenidos. Dichos contenidos emplean comparaciones y analogías para poder vincular el contenido nuevo con el ya establecido, de modo que se busca una orientación previa antes de explicar un nuevo concepto del modo más enriquecido posible pero contemplando las limitaciones de la comparación, tal y como aconsejan algunos autores (Körhasan & Hidir, 2019).

Desde el punto de vista de las motivaciones, el método se fundamenta en las expectativas que los alumnos pueden tener sobre sí mismos y su futuro (Vroom, 1964), en la necesidad de alcanzar metas (McClelland, 1961), en la importancia de la curiosidad (Harlow, Harlow, & Meyer, 1950), en los reforzamientos positivos (Skinner & F., 1957), en la superación personal al aceptar y asumir que a tales causas, como el estudio, se siguen los correspondientes efectos, como la superación de las dificultades, aprender y aprobar (Benesh & Weiner, 1988). Se intenta evitar que aparezca la disonancia cognitiva (Festinger, 1957), de modo que los alumnos aprecien armónicamente sus capacidades y esfuerzos con los resultados obtenidos.

### 1.3. Objetivos

El **objetivo general** de este trabajo de investigación es analizar y estudiar la influencia que la metodología aplicada pueda tener en rasgos de la personalidad, en las motivaciones, en la autoestima y en la capacidad de inhibir impulsos preconcebidos.

La hipótesis principal de este trabajo de investigación es que a través de una intervención metodológica específica en la enseñanza de la Física se mejora la función ejecutiva de los alumnos por la activación de las circunvoluciones media y superior del lóbulo frontal bilateral, especialmente del izquierdo.

**Hipótesis Nula (H0):** la intervención educativa propuesta no cambia el proceso de enseñanza-aprendizaje y por tanto, los resultados del mismo.

**Hipótesis Alternativa (Ha):** la intervención educativa propuesta sí cambia el proceso de enseñanza-aprendizaje y por tanto, los resultados del mismo.

El presente estudio pretende analizar los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar y comparar la inhibición del grupo de intervención frente al grupo de control.
2. Estudiar y comparar la autoestima de los alumnos del grupo de intervención frente al grupo de control.
3. Estudiar y comparar el autoconcepto de los alumnos del grupo de intervención frente al grupo de control.
4. Estudiar y comparar las motivaciones del grupo de intervención frente al grupo de control.
5. Estudiar y comparar las características de personalidad de los alumnos del grupo de intervención frente al grupo de control.
6. Investigar y analizar el seguimiento metodológico en los alumnos del grupo de intervención.
7. Investigar y analizar la satisfacción de cursar la asignatura de los alumnos del grupo de intervención.
8. Investigar y analizar las relaciones entre el nivel de instrucción de los padres de los alumnos del grupo de intervención y los resultados de la inhibición.
9. Estudiar y analizar por sexo las variables del estudio.

10. Búsqueda de relaciones entre variables a través de ANOVA.





## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

## 2.1. Definición de variables

Edad (E): variable cuantitativa discreta (entre los 15 y los 17 años).

Género (G): variable cualitativa dicotómica (varón/mujer).

Inhibición (I): variable cuantitativa discreta (se mide con el test de Stroop).

Autoestima (A): variable cuantitativa discreta (se mide con el RSES y puede tomar valores naturales entre 10 y 40).

Autoconcepto académico (AA): variable cuantitativa discreta (se mide con el test AF-5 y puede obtener valores entre 1 y 99).

Autoconcepto social (AS): variable cuantitativa discreta (se mide con el test AF-5 y puede obtener valores entre 1 y 99).

Autoconcepto emocional (AE): variable cuantitativa discreta (se mide con el test AF-5 y puede obtener valores entre 1 y 99).

Autoconcepto familiar (AF): variable cuantitativa discreta (se mide con el test AF-5 y puede obtener valores entre 1 y 99).

Autoconcepto físico (AFI): variable cuantitativa discreta (se mide con el test AF-5 y puede obtener valores entre 1 y 99).

Amotivación (AM): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S).

Motivación extrínseca-regulación externa (RE): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S y puede tomar valores reales entre 1 y 7).

Motivación extrínseca-regulación introyectada (RI): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S y puede tomar valores reales entre 1 y 7).

Motivación extrínseca-regulación identificada (RID): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S y puede tomar valores reales entre 1 y 7).

Motivación intrínseca al conocimiento (MIC): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S y puede tomar valores reales entre 1 y 7).

Motivación intrínseca al logro (MIL): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S y puede tomar valores reales entre 1 y 7).

Motivación intrínseca a las experiencias estimulantes (MIEE): variable cuantitativa discreta (se mide con el test EME-S y puede tomar valores reales entre 1 y 7).

Conciencia (C): variable cuantitativa discreta (se mide con el test BFQ-NA, puede tomar valores naturales entre 20 y 100).

Apertura (AP): variable cuantitativa discreta (se mide con el test BFQ-NA, puede tomar valores naturales entre 8 y 40).

Extraversión (EX): variable cuantitativa discreta (se mide con el test BFQ-NA, puede tomar valores naturales entre 10 y 50).

Amabilidad (AMA): variable cuantitativa discreta (se mide con el test BFQ-NA, puede tomar valores naturales entre 10 y 50).

Inestabilidad emocional (IE): variable cuantitativa discreta (se mide con el test BFQ-NA, puede tomar valores naturales entre 11 y 55).

Calificación (CA): variable cuantitativa discreta (se mide según el procedimiento llamado Calificación y puede tomar valores reales entre 0 y 10).

Seguimiento metodológico (SM): variable cuantitativa discreta (se mide con el test seguimiento metodológico y puede tomar valores naturales entre 1 y 38).

Satisfacción (SA): variable cuantitativa discreta (se mide con el test satisfacción y puede tomar valores reales entre 1 y 10).

Nivel de instrucción del padre (NIP): variable cuantitativa ordinal. Se mide empleando la clasificación Nacional de Educación 2014 (CNED-2014) que emplea el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Nivel de instrucción de la madre (NIM): variable cuantitativa ordinal. Se mide empleando la clasificación Nacional de Educación 2014 (CNED-2014) que emplea el Instituto Nacional de Estadística (INE).

## **2.2. Instrumentos de medida**

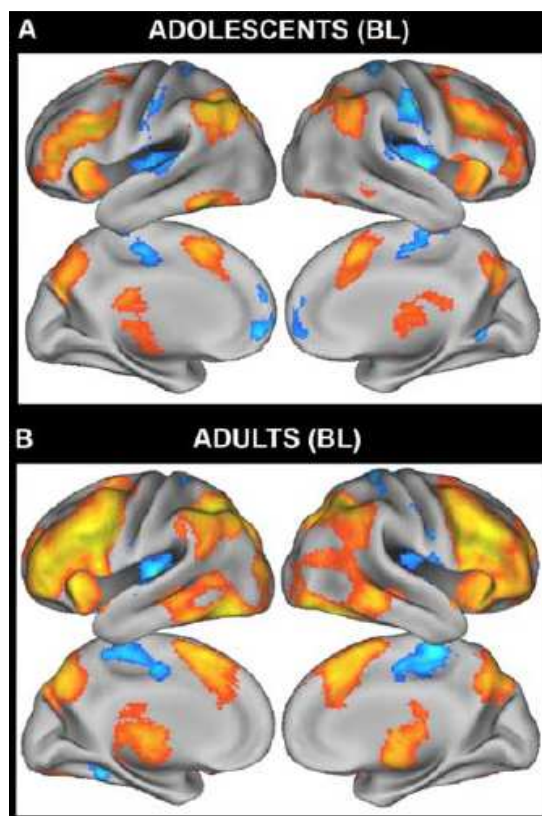
### **2.2.1. Test de Stroop**

El test de interferencia de Stroop (Stroop Interference Test) evalúa tanto las capacidades de atención como las de identificación (Golden, 2005).

Como se ha visto anteriormente, en el aprendizaje de la Física se produce una gran actividad de la cingulada anterior. La actividad en esa región también es elevado en pruebas de interferencia como el test de Stroop, en el que se observa una incoherencia entre lo que se lee y el color de lo leído (Pardo, Pardo, Janer, & E. Raichle, 1990). En este test, lesiones en la región dorsolateral del lóbulo frontal izquierdo incrementan los errores y la lentitud en la lámina de determinación de los colores. Lesiones en la región medial superior bilateral del frontal están asociadas al incremento de errores y lentitud en la condición de interferencia.

Parece claro el papel de la región medial superior frontal bilateral en la realización del test de Stroop (Stuss, Floden, Alexander, Levine, & Katz, 2001), (Egner & Hirsch, 2005) y el papel de la cingulada anterior en esta prueba (S.Peterson, y otros, 1999). Otros estudios más recientes determinan que la interferencia implica regiones del córtex dorsolateral prefrontal (DLPFC, BA9), tales como la circunvolución frontal medial bilateral y la circunvolución frontal inferior izquierda. (Song & Hakoda, 2015). Se debe recordar que la DLPFC es la última región en mielinizarse.

Se ha establecido experimentalmente que los resultados del test de Stroop en poblaciones adultas y adolescentes muestran diferencias de volumen de la región dorsolateral del córtex prefrontal, lo que indica que las regiones involucradas en la resolución de la interferencia son las mismas, pero están menos desarrolladas en los adolescentes que en adultos (Andrews-Hanna, y otros, 2011).



Descritos los vínculos entre la cingulada anterior y el córtex prefrontal dorsolateral tanto describiendo el análisis de situaciones naturales desde el punto de vista

físico como en este test, debería ser oportuno relacionar ambos procesos cerebrales.

Esta prueba está basada en el hecho de que la identificación de un color es más lenta que la lectura del nombre de un color. Este fenómeno es conocido desde el siglo XIX y el método se ha ido perfeccionando a lo largo del siglo XX.

La prueba la forman tres láminas, cada una de las cuales contiene 100 elementos distribuidos en 5 columnas.

La primera de ellas está formada por las palabras “ROJO”, “VERDE” y “AZUL” ordenadas al azar e impresas en tinta negra en una hoja de tamaño A4. No se permite que la misma palabra aparezca dos veces seguidas en la misma columna.

La segunda lámina consiste en 100 elementos iguales (“XXXX”) impresos en tinta azul, verde o roja. El mismo color no aparece dos veces seguidas en la misma columna. Los colores no siguen el mismo orden de las palabras de la primera lámina.

La tercera lámina consiste en las palabras de la primera lámina impresas en los colores de la segunda, mezcladas ítem por ítem. No coincide en ningún caso el color de la tinta con el significado de la palabra.

El test se puede pasar individualmente o grupalmente. Se emplea en este estudio la aplicación en grupo.

Se entregan ordenadamente las tres láminas y se dan las instrucciones siguientes:

*Esta prueba trata de evaluar la velocidad con la que usted puede leer las palabras escritas en esta página. Cuando yo se lo indique, deberá empezar a leer para sí mismo las columnas de palabras, de arriba abajo, comenzando por la primera (SEÑALAR LA PRIMERA COLUMNA DE LA IZQUIERDA) hasta llegar al final de la misma (MOSTRAR CON LA MANO, MOVIÉNDOLA DE ARRIBA ABAJO EN LA PRIMERA COLUMNA); después continuará leyendo, por orden, las siguientes columnas sin detenerse (MOSTRAR CON LA MANO LA SEGUNDA COLUMNA, LA TERCERA, ETC.)*

*Si termina de leer todas las columnas antes de que yo indique que se ha terminado el tiempo concedido, volverá a la primera columna (SEÑALAR) y continuará leyendo hasta que dé la señal de terminar.*

*Recuerde que no debe interrumpir la lectura hasta que yo diga “¡Basta!” y que debe leer para sí tan rápidamente como le sea posible. Si se equivoca en una palabra corregirá el error volviendo a leer la palabra correctamente y continuará leyendo las siguientes sin detenerse. ¿Quiere hacer alguna pregunta sobre la forma de realizar la prueba?*

Estas instrucciones se puede repetir tantas veces como sea necesario, hasta que el sujeto comprenda claramente qué es lo que tiene que hacer. Después se continúa diciendo:

*¿Está preparado?...Entonces ¡comience!*

En ese momento se pone el cronómetro en marcha. Cuando hayan transcurrido 45 segundos se dice:

*¡Basta! Rodee con un círculo la última palabra que ha leído. Si ha terminado toda la página y ha vuelto a empezar ponga un 1 dentro de un círculo. Ahora pase a la página siguiente.*

Las instrucciones para la segunda lámina son iguales que las de la primera excepto el comienzo, que es el siguiente:

*En esta parte de la prueba se trata de saber con cuánta rapidez puede nombrar los colores de cada uno de los grupos de X que aparecen en la página.*

*Este ejercicio se realiza de forma similar al de la página anterior. Comience en la primera columna, y nombre los colores de los grupos de X que hay en ella, de arriba abajo, sin saltar ninguno; luego continúe con la misma tarea hasta terminar las restantes columnas. Recuerde que debe nombrar los colores tan rápidamente como le sea posible.*

Para comenzar la tercera parte de la prueba, se incluirán las instrucciones incluidas a continuación:

*Esta página es parecida a la utilizada en ejercicio anterior. En ella debe decir el color de la tinta con que está escrita la cada palabra, sin tener en cuenta el significado de esa palabra. Por ejemplo (SE SEÑALA LA PRIMERA PALABRA DE LA COLUMNA), ¿qué diría usted en esta palabra?*

Se repite la operación hasta que la respuesta sea la correcta.

Después se continúa diciendo:

*Bien, ahora continuará haciendo esto mismo en toda la página. Comenzará en la parte de arriba de la primera columna (SEÑALAR) y llegará hasta la base de la misma; luego continuará de la misma manera en las columnas restantes. Debe*

*trabajar con tanta rapidez como le sea posible. Recuerde que si se equivoca tiene que corregir su error y continuar sin detenerse. ¿Quiere hacer alguna pregunta?*

Para la corrección de la prueba, se indicará:

P: número de palabras leídas en la primera lámina.

C: número de palabras leídas en la segunda lámina.

PC: número de palabras leídas en la tercera lámina.

El valor de PC (estimada) se calculará del siguiente modo:

$$PC' = \frac{C \cdot P}{C + P}$$

La interferencia (inhibición) se mide con el factor PC-PC':

$$PC - PC' = PC - \frac{C \cdot P}{C + P}$$

Cuanto mayor sea este factor, menos se habrá dejado influenciar el sujeto por su impulso.

El factor de interferencia será la variable que permita vincular el nivel de razonamiento y control que cada individuo de la población tenga.

Se compararán los datos obtenidos con los existentes en referencia a la población española con las mismas edades.

No se encuentran diferencias por sexo en los resultados del test de Stroop. Sí se observan por edad, pero se aplicarán factores de corrección tabulados.

### **2.2.2. Escala de Motivación Escolar en Español (EME-S)**

En la teoría de la autodeterminación sobre la motivación Deci y Ryan se establecen varios tipos de motivación.

Intrínseca: la debida a factores internos de la persona. En la motivación intrínseca el comportamiento es motivado por el deseo de mejorar y por la satisfacción de hacer las cosas bien hechas.

Extrínseca: la debida a factores externos a la persona. Con cierta frecuencia se relaciona con castigos y recompensas.

Se han establecido tres subescalas para el análisis de la motivación extrínseca:

- Regulación externa: describe conductas reguladas por contingencias externas al sujeto (ej. una amenaza).
- Regulación introyectada: conductas reguladas por presiones internas, como aspectos relacionados con la autoestima (porque debe..). Estas conductas siguen teniendo un locus de causalidad externa por la fuente que las inicia, que, aunque interna a la persona, es externa a su sentido integrado del self.
- Regulación identificada: conductas reguladas por aspectos personalmente importantes (debo estudiar porque es importante para mi). Hay una aceptación de la regulación externa, percibiéndose como propia.

Existen otras tres subescalas para el análisis de la motivación intrínseca:

- Motivación intrínseca al conocimiento: se relaciona con conceptos como curiosidad o motivación para aprender.
- Motivación intrínseca al logro: compromiso en una actividad por el placer y satisfacción que se experimentan cuando se intenta superar o alcanzar un nuevo nivel.
- Motivación intrínseca a las experiencias estimulantes: la persona se involucra en una actividad para divertirse o experimentar sensaciones estimulantes y positivas derivadas de la propia dedicación a la actividad.

Se incluye también un nivel de amotivación en la herramienta que se emplea (EME-S, Juan L. Núñez, José Martín-Lobo, José G. Navarro y Zoila Suárez).

El test está diseñado con 28 ítems en una escala tipo Likert de 7 opciones; (1) no se corresponde en absoluto, hasta (7) “se corresponde totalmente”, con un valor intermedio (4) “se corresponde medianamente”. A cada dimensión le corresponden cuatro ítems.

### **2.2.3. Prueba Rosenberg Self Esteem Scale (RSES)**

La prueba Rosenberg Self Esteem Scale (RSES) consiste en una prueba tipo Likert, cuya puntuación oscila entre 1 (totalmente en desacuerdo) y 4 (totalmente de acuerdo) con 10 entradas (5 enunciadas en sentido positivo y otras cinco en sentido negativo) en las que se mide el nivel de autoestima de la persona.



Ha sido validada en castellano y comprobada su consistencia interna y fiabilidad de constructo (Martín-Albo, Núñez, Navarro, & Grijalvo, 2007). Dicha validación se realizó con una población de entre 17 y 56 años (con una media de 21,29 años, desviación típica de 4,96).

#### **2.2.4. Cuestionario Autoconcepto Forma 5 (AF-5)**

El cuestionario Autoconcepto Forma 5 (AF-5) permite conocer en varias dimensiones la percepción que una persona tiene de sí misma (García & Musitu, AF-5 Autoconcepto Forma 5, 2014). Esas dimensiones son las siguientes:

Autoconcepto académico: se refiere a la percepción que el individuo tiene de la calidad del desempeño de su rol como estudiante.

Consiste en 6 ítems por cada una de las dimensiones, hasta un total de 30 cuestiones, puntuando cada una entre 1 y 99 y luego realizándose la media correspondiente a cada dimensión.

Autoconcepto social: se refiere a la percepción que el individuo tiene de la calidad del desempeño en las relaciones sociales.

Autoconcepto emocional: se refiere a la percepción que el individuo tiene de su estado emocional y de sus respuestas específicas.

Autoconcepto familiar: se refiere a la percepción que el individuo tiene de su implicación, participación e integración en el medio familiar.

Autoconcepto físico: se refiere a la percepción que el individuo tiene de su aspecto físico y de su condición física.

#### **2.2.5. Prueba Big Five Questionnaire Niños y Adolescentes (BFQ-NA)**

El Big Five Questionnaire Niños y Adolescentes (Barbaranelli, Rabasca, del Barrio Gándara, Carrasco Ortiz, & Holgado Tello, 2013) es un cuestionario de personalidad para niños y adolescentes validado en castellano (Soto, y otros, 2011) que permite evaluar varias dimensiones a través de 65 elementos que se valoran mediante una escala de cinco alternativas (“casi siempre”, “muchas veces”, “algunas veces”, “pocas veces”, “casi nunca”).

Conciencia: dimensión que evalúa la autonomía, orden, precisión y cumplimiento de compromisos.

Apertura: dimensión que incluye elementos tanto de aspectos intelectuales, principalmente escolares, como de intereses culturales, fantasía, creatividad e interés en otras gentes o culturas.

Extraversión: dimensión referida a aspectos tales como la actividad, entusiasmo, asertividad y autoconfianza.

Amabilidad: dimensión que hace referencia a la preocupación y sensibilidad hacia otros y sus necesidades.

Inestabilidad emocional: dimensión que agrupa elementos relativos a sentimientos de ansiedad, depresión, descontento o ira.

### 2.2.6. Metodología de estudio

En este estudio se pretende observar la evolución de los alumnos en la adaptación al método de trabajo propuesto en la asignatura de Física.

Para ello se solicita que realicen un formulario tipo Likert de dos entradas de 38 preguntas.

La prueba tiene consistencia interna ( $\alpha = 0,73$ ), validada por pilotaje.

Se divide en varios planos de análisis, tal y como se muestra en el listado de preguntas. Instrucción dada e ítems:

*Indica si estás de acuerdo o no con las siguientes frases.*

*Es importante que contestes con sinceridad lo que haces, no lo que deberías hacer. Indica lo que haces de forma general.*

#### ESTUDIO EN CLASE Y EN CASA

1. Me distraigo con el iPad o el compañero, no estoy atento en clase.
2. Mi metodología de estudio consiste fundamentalmente en anotar las fórmulas y aprender a identificar cuál hay que usar en cada problema.
3. Tomo notas de las escenas y las leyes que tratamos.
4. Realizo esquemas con las leyes que estudiamos, indicando pormenorizadamente qué es cada magnitud, sus unidades y cómo dependen unas de otras.

5. Incluyo en los esquemas un problema o cuestión que me ha ayudado a entender los conceptos tratados.
6. Participo en clase a la hora de pensar con las preguntas del profesor.
7. No busco los problemas tipo a la hora de realizar ejercicios. Busco aplicar los principios básicos explicados en clase, sin esperar que sea igual que el ejemplo.
8. Me junto con compañeros para hacer problemas con ellos.
9. Llevo al día el estudio de la asignatura, incluyendo los ejercicios que se piden y estudio con regularidad.
10. Pregunto al profesor cuando tengo dudas, no tengo reparos.
11. Leo los apuntes antes de una clase para retomar el temario.

#### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

12. Leo la práctica de laboratorio antes de la sesión.
13. Repaso los conceptos que se van a trabajar en el laboratorio.
14. Tomo notas de las precisiones de los aparatos de medida para discutir más tarde los errores.
15. Tomo nota de todo lo que sucede (quién mide, problemas de ejecución...) y no tengo que pedirle los datos a ningún compañero.
16. Empleo el modelo de práctica de laboratorio colgado en classroom como guía para trabajar el informe a entregar y lo he leído fuera de la clase.
17. Realizo el informe de forma secuencial, distribuyendo la semana de plazo de forma apropiada y no la realizo de prisa y corriendo.
18. Trabajo las introducciones con seriedad, no simplemente escribiendo cualquier cosa para cumplir.
19. Analizo las expresiones para saber qué se debe obtener en el laboratorio, en las medidas y en las gráficas que se piden.
20. Empleo correctamente las cifras significativas.
21. Discuto la validez de los resultados (posibles errores, mejoras...) y no pongo siempre lo mismo.
22. Considero las prácticas como algo útil en mi aprendizaje, no como algo molesto que toca hacer.

#### REALIZANDO PROBLEMAS

23. Trabajo bien la teoría antes de ponerme a hacer problemas.

24. Realizo los problemas tras comprender la situación descrita y lo que se pide.
25. Realizo siempre un boceto o dibujo para visualizar la situación descrita.
26. Cuando entiendo el enunciado pero no sé por dónde empezar con el problema, retomo la teoría.
27. Domino las matemáticas como herramienta de la asignatura (vectores, trigonometría...)
28. Reviso siempre las unidades y el sentido del resultado obtenido.
29. Escribo las ecuaciones que voy a usar en un problema explícitamente.
30. Analizo las unidades de una expresión para comprobar que son correctos los resultados.
31. Escribo breves indicaciones de cómo se hacen los problemas, a modo de hilo conductor de la realización.
32. Redacto algún problema de vez en cuando, para explicarme cómo se hace. Al menos uno por ley física trabajada.
33. Me confío a la hora de estudiar porque he entendido los conceptos en clase.

## LOS EXÁMENES

34. Voy al examen con algo de nervios, pero no me bloquean.
35. Leo detenidamente el ejercicio antes de ponerme a escribir. Incluso varias veces, pero no empiezo hasta entender lo que se me da y lo que se me pide.
36. Comento y explico lo que voy haciendo.
37. Reviso el planteamiento antes de empezar a resolver ecuaciones.
38. Compruebo órdenes de magnitud, unidades y sentido físico antes de dar por terminado un ejercicio.

### 2.2.7. Satisfacción

Se ha diseñado este cuestionario tipo Likert *ad hoc*, precisamente para poder medir algo mejor la percepción que tienen los alumnos de la asignatura y del profesorado.

La mitad están presentadas de forma positiva y la otra mitad en forma negativa.

Es un cuestionario en el que se evalúa lo de acuerdo que está con la frase presentada. Entre 1 (completamente en desacuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo). Las respuestas impares son mejores cuanto más cerca de 5 están, mientras que las pares son mejores cuanto más cerca de 1. La población es de 141 alumnos entre 3ºESO y 2º Bach.

Consistencia interna de la prueba por pilotaje: alfa de Cronbach = 0.82

El cuestionario contiene las siguientes preguntas:

- 1.- Las clases están bien preparadas.
- 2.- El material que se emplea (libro, escenas, problemas, labs...) no es adecuado o no está bien preparado.
- 3.- El profesor es receptivo con el alumno y se encuentra dispuesto a ayudar y resolver dudas.
- 4.- Las clases no son amenas.
- 5.- La metodología empleada en las clases es atractiva.
- 6.- No encuentro oportuno que las clases se den en el laboratorio.
- 7.- Las prácticas de laboratorio me ayudan a asimilar mejor los contenidos de la asignatura.
- 8.- Mis resultados no concuerdan con el tiempo y calidad del estudio que he empleado.
- 9.- Mis datos calificaciones corresponden a los criterios de evaluación dados.
- 10.- No estoy satisfecho de haber cursado la asignatura.
- 11.- Comenta lo que quieras sobre la asignatura, que creas que no se ha tratado en este cuestionario. Sugerencias, mejoras...

### **2.2.8. Calificaciones**

Lo baremos por curso para la calificación de los alumnos han sido:

4ºESO: examen (70%), laboratorios (20%), trabajo de clase (10%)

1º BACH: examen (70%), laboratorios (20%), trabajo de clase (10%)

En todos los cursos se puede subir nota, por evaluación o en la calificación final, tal y como se propone en la metodología, con los trabajos de enriquecimiento.

En las diferentes pruebas se evalúan los estándares de aprendizaje, tal y como exige la ley. El peso de las pruebas escritas asciende obedeciendo a la necesidad

de preparar a los alumnos a los niveles superiores de enseñanza, donde estas pruebas tienen un gran peso.

### 2.2.9. Nivel de instrucción del padre/madre

Se mide empleando la clasificación Nacional de Educación 2014 (CNED-2014) que emplea el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Categoría principal	Nivel educativo	
A	0	Educación infantil
	1	Educación primaria
	2	Primera etapa de educación primaria o similar
B	3	Segunda etapa de educación primaria o similar
	4	Educación postsecundaria no superior
C	5	Enseñanzas de formación profesional
	6	Grados universitarios de hasta 240 créditos
	7	Grados universitarios de más de 240 créditos
	8	Enseñanzas de doctorado
D	9	Educación no formal

Se indica la categoría principal, del siguiente modo:

A = 1

B = 2

C = 3

D = 4

### 2.3. Selección de la muestra

Para elegir a la población estadística se han empleado varios criterios, buscando siempre que la muestra sea lo más homogénea posible. Los criterios de inclusión son:

1. Alumnos entre 4ºESO (15-16 años), 1º de bachillerato (16-17 años) Y 2º de bachillerato (17-18 años).
2. Tasa de idoneidad del 100%.
3. Sin asignaturas pendientes de cursos anteriores.
4. El alumno no debe ser extranjero, no debe haber estado dos o más años viviendo en el extranjero ni tener establecidas rutinas sociales pertenecientes a otras culturas.
5. Sin patologías neurológicas (como TDA/TDAH, dislexias, afasias, tumores...) o cualquier otra circunstancia física desfavorable (ceguera, sordera...)
6. El alumno no debe tener necesidades educativas especiales (NEE). Hecho que es determinado por el Departamento de Orientación del centro.
7. El alumno/a debe haber realizado los cursos anteriores que forman parte del estudio en el centro.
8. De la muestra de intervención se eliminan, además de los casos ya descritos, aquellos alumnos que han realizado el test de Stroop con errores sistemáticos (el número de respuestas no se reducía en alguna de las láminas según se avanzaba en la prueba).

MUESTRA TOTAL	Nº	%
Varones	36	52,17
Mujeres	33	47,83
Total	69	

4ºESO	Nº	%
Varones	19	61,29
Mujeres	12	38,71
Total	31	

1º BACH	Nº	%
Varones	9	42,86
Mujeres	12	57,14
Total	21	

2º BACH	Nº	%
Varones	8	47,06
Mujeres	9	52,94
Total	17	

En primero de bachillerato hay 10 alumnos que inicialmente son descartados por no cumplir alguno de los requisitos para el estudio, de los 31 que forman parte del grupo, mientras que en 4º de ESO son 18 individuos los excluidos de los 59 iniciales. En segundo de bachillerato son 5 los excluidos.

9. El grupo de control es elegido de entre dos centros concertados. En cuarto de ESO y primero de bachillerato se cumplen los mismos criterios que el grupo de intervención. Al no encontrarse grupo de control para alumnos de segundo de bachillerato se ha completado el grupo empleando 17 alumnos de primero, pero respetando el número correspondiente de varones y mujeres. Además, se busca que los valores medios de la prueba de Stroop no difiera entre varones y mujeres, que la distribución sea gaussiana por sexos y curso, por curso completo y por población total. Uno de los dos centros multiplica por tres su población en 1º de bachillerato, por lo que estos datos tienen un valor multicentro, por tanto, con cierta variabilidad.

	CURTOSIS	ASIMETRÍA
4ºESO	0,30	0,47
1ºbach	0,65	-0,67
2ºbach	1,27	0,77
<b>TOTAL</b>	<b>0,59</b>	<b>0,23</b>

## 2.4. Procedimiento e instrumento de medida/s

Se emplea una población de estudiantes entre 4º de ESO (15-16 años), 1º de bachillerato (16-17 años) y segundo de bachillerato (17-18 años) a la que se le aplica la metodología y se compara con otra de control a la que no se le aplica.

La correlación por sexo y curso entre los alumnos de la muestra de control y la de estudio es perfecta.

A todos los alumnos se les agradece su participación y se les pide sinceridad para realizar las pruebas.



Las pruebas se realizan siempre a primera hora (9:00h) de la mañana o inmediatamente después del recreo de la mañana (12:00h) y se pasan a todos los alumnos, con independencia de que formen parte de la población de estudio o no. Para el análisis estadístico se ha empleado el paquete IBM SPSS 22.0.

## 2.5. Análisis estadístico

En 2016 la American Statistical Association (ASA) ponía en tela de juicio la validez del p-valor en los trabajos de investigación y así se mantiene esta postura en la actualidad (Wasserstein, Schirm, & Lazar, 2019).

En dicho artículo se proponen algunas líneas de actuación investigadora:

- No basar las conclusiones en considerar únicamente si las variables son o no son estadísticamente significativas.
- No se debe creer que existe una asociación o efecto solo por el hecho de ser estadísticamente significativa.
- No se debe creer que no existe una asociación o efecto solo por el hecho de no ser estadísticamente significativa.
- No se debe creer que el p-valor ofrece la probabilidad de que solo el azar produzca la asociación o el efecto observados o la probabilidad de que la hipótesis de prueba sea cierta.
- No se debe concluir nada importante desde el punto de vista científico o práctico basándose en la significancia estadística (o por su ausencia).

El mismo artículo invita a pensar en la investigación con amplitud de perspectivas, con apertura.

Siguiendo las indicaciones de la prestigiosa asociación, se considerarán en este trabajo como importantes las diferencias entre medias, aunque no siempre sean estadísticamente significativas, si bien se empleará diversa bibliografía para contrastar los resultados.



### **3. *RESULTADOS***

A continuación figuran las puntuaciones directas de las diferentes pruebas (N=69):

VARIABLES	Grupo	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
AA	Caso	6,62705	1,625313	,195665
	Control	7,35483	2,231892	,268688
AS	Caso	6,73140	1,494064	,179864
	Control	6,83768	1,754256	,211188
AE	Caso	5,71884	1,749101	,210567
	Control	5,13164	1,936026	,233070
AF	Caso	8,15072	1,591713	,191620
	Control	8,82005	2,282679	,274802
AFI	Caso	6,24734	1,663624	,200277
	Control	6,44928	1,947242	,234420
A	Caso	25,25	3,122	,376
	Control	30,88	5,580	,672
AM	Caso	1,6123	,89065	,10722
	Control	1,7101	,88764	,10686
RE	Caso	4,9130	1,42317	,17133
	Control	5,6630	1,22236	,14715
RI	Caso	4,1703	1,38698	,16697
	Control	4,7609	1,25545	,15114
RID	Caso	5,7500	,91956	,11070
	Control	6,0290	,87083	,10484
MIC	Caso	5,5109	1,00315	,12077
	Control	5,1558	1,19980	,14444
MIL	Caso	5,0217	1,14383	,13770
	Control	5,0507	1,23266	,14839
MIEE	Caso	4,4348	1,20022	,14449
	Control	4,2065	1,21037	,14571
C	Caso	50,84	9,634	1,160
	Control	50,00	12,367	1,489
AP	Caso	20,39	4,753	,572
	Control	20,28	4,556	,549
EX	Caso	21,17	4,835	,582
	Control	21,91	5,121	,617
AMA	Caso	22,01	4,529	,545
	Control	20,61	6,574	,791
	Caso	38,03	7,569	,911

IM	Control	38,67	7,012	,844
I	Caso	8,0904	8,00855	,96412
	Control	5,5081	6,19641	,74596

TABLA 1. Puntuaciones directas de todas las variables.

Pese a ser muestras gaussianas, se han realizado tanto pruebas paramétricas como no paramétricas y los resultados estadísticos son similares por ambas vías.

VARIABLE		Prueba de Levene de calidad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
AA	Se asumen varianzas iguales	,175	,676	-2,190	136	,030	-,727778	,332382	-1,385084	-,070471
	No se asumen varianzas iguales			-2,190	124,291	,030	-,727778	,332382	-1,385640	-,069915
AS	Se asumen varianzas iguales	,603	,439	-,383	136	,702	-,106280	,277401	-,654858	,442297
	No se asumen varianzas iguales			-,383	132,639	,702	-,106280	,277401	-,654982	,442422
AE	Se asumen varianzas iguales	1,790	,183	1,869	136	,064	,587198	,314102	-,033958	1,208354
	No se asumen varianzas iguales			1,869	134,622	,064	,587198	,314102	-,034015	1,208411
AF	Se asumen varianzas iguales	,066	,798	-1,998	136	,048	-,669324	,335014	-1,331834	-,006813
	No se asumen varianzas iguales			-1,998	121,483	,048	-,669324	,335014	-1,332546	-,006102
AFI	Se asumen varianzas iguales	,624	,431	-,655	136	,514	-,201932	,308324	-,811662	,407797
	No se asumen varianzas iguales			-,655	132,764	,514	-,201932	,308324	-,811795	,407931
A	Se asumen varianzas iguales	15,358	,000	-7,324	136	,000	-5,638	,770	-7,160	-4,116
	No se asumen varianzas iguales			-7,324	106,778	,000	-5,638	,770	-7,164	-4,112

AM	Se asumen varianzas iguales	,803	,372	-,646	136	,519	-,09783	,15138	-,39719	,20153
	No se asumen varianzas iguales			-,646	135,998	,519	-,09783	,15138	-,39719	,20154
RE	Se asumen varianzas iguales	2,701	,103	-3,321	136	,001	-,75000	,22585	-1,19663	-,30337
	No se asumen varianzas iguales			-3,321	132,970	,001	-,75000	,22585	-1,19672	-,30328
RI	Se asumen varianzas iguales	,568	,452	-2,622	136	,010	-,59058	,22522	-1,03596	-,14520
	No se asumen varianzas iguales			-2,622	134,672	,010	-,59058	,22522	-1,03600	-,14516
RID	Se asumen varianzas iguales	,418	,519	-1,830	136	,069	-,27899	,15246	-,58049	,02252
	No se asumen varianzas iguales			-1,830	135,599	,069	-,27899	,15246	-,58050	,02253
MIC	Se asumen varianzas iguales	2,873	,092	1,886	136	,061	,35507	,18827	-,01725	,72739
	No se asumen varianzas iguales			1,886	131,863	,062	,35507	,18827	-,01735	,72750
MIL	Se asumen varianzas iguales	,481	,489	-,143	136	,886	-,02899	,20244	-,42933	,37135
	No se asumen varianzas iguales			-,143	135,246	,886	-,02899	,20244	-,42935	,37137
MIE	Se asumen varianzas iguales	,159	,691	1,112	136	,268	,22826	,20521	-,17754	,63407
	No se asumen varianzas iguales			1,112	135,990	,268	,22826	,20521	-,17754	,63407
C	Se asumen varianzas iguales	,949	,332	,445	136	,657	,841	1,887	-2,892	4,573
	No se asumen varianzas iguales			,445	128,318	,657	,841	1,887	-2,894	4,575
AP	Se asumen varianzas iguales	,150	,699	,146	136	,884	,116	,793	-1,452	1,684
	No se asumen varianzas iguales			,146	135,757	,884	,116	,793	-1,452	1,684
EX	Se asumen varianzas iguales	,094	,760	-,872	136	,385	-,739	,848	-2,416	,938
	No se asumen varianzas iguales			-,872	135,554	,385	-,739	,848	-2,416	,938
AMA	Se asumen varianzas iguales	,229	,633	1,463	136	,146	1,406	,961	-,495	3,306

	No se asumen varianzas iguales			1,463	120,689	,146	1,406	,961	-,497	3,308
IM	Se asumen varianzas iguales	,480	,489	-,513	136	,609	-,638	1,242	-3,094	1,819
	No se asumen varianzas iguales			-,513	135,212	,609	-,638	1,242	-3,094	1,819
I	Se asumen varianzas iguales	2,726	,101	2,118	136	,036	2,58232	1,21901	,17166	4,99298
	No se asumen varianzas iguales			2,118	127,936	,036	2,58232	1,21901	,17029	4,99434

TABLA 2. Análisis paramétrico de todas las variables.

Los valores resultantes de un análisis no paramétrico (pruebas U Mann-Whitney para muestras independientes) son los siguientes:

	Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1	La distribución AA es la misma entre las categorías de Grupo.	,026	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de AS es la misma entre las categorías de Grupo.	,414	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de AE es la misma entre las categorías de Grupo.	,044	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución AF familiar es la misma entre las categorías de Grupo.	,133	Conserve la hipótesis nula.
5	La distribución de AFI es la misma entre las categorías de Grupo.	,335	Conserve la hipótesis nula.
6	La distribución de A es la misma entre las categorías de Grupo.	,000	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución AM es la misma entre las categorías de Grupo.	,636	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de RE es la misma entre las categorías de Grupo.	,001	Rechace la hipótesis nula.
9	La distribución RI es la misma entre las categorías de Grupo.	,011	Rechace la hipótesis nula.
10	La distribución RID es la misma entre las categorías de Grupo.	,038	Rechace la hipótesis nula.
11	La distribución de MIC de la misma entre las categorías de Grupo.	,127	Conserve la hipótesis nula.
12	La distribución de MIL es la misma entre las categorías de Grupo.	,605	Conserve la hipótesis nula.

13	La distribución de MIEE es la misma entre las categorías de Grupo.	,247	Conserve la hipótesis nula.
14	La distribución de C es la misma entre las categorías de Grupo.	,932	Conserve la hipótesis nula.
15	Distribución de AP es la misma entre las categorías de Grupo.	,876	Conserve la hipótesis nula.
16	La distribución de EX es la misma entre las categorías de Grupo.	,497	Conserve la hipótesis nula.
17	La distribución de AMA es la misma entre las categorías de Grupo	,280	Conserve la hipótesis nula.
18	La distribución de IE es la misma entre las categorías de Grupo.	,736	Conserve la hipótesis nula.
19	La distribución de I es la misma entre las categorías de Grupo.	,055	Conserve la hipótesis nula.

TABLA 3. Análisis no paramétrico de todas las variables.

### 3.1. Estudio y comparación de la inhibición

Los valores medios del test de Stroop están por encima del valor medio obtenido en la validación del test en castellano (2,5), debido probablemente a que en las muestras del presente estudio se han aplicado filtros bastante restrictivos en comparación con la muestra de validación.

La comparación directa de los resultados del test de Stroop indica que la media del grupo de intervención supera en un 47,1% el valor de la media del grupo de control.

La diferencia apreciable en las medias es estadísticamente significativa ( $p = .030$ ). En las pruebas no paramétricas se aprecia que  $p = .055$ , por lo que prácticamente indica lo mismo.

### 3.2. Estudio y comparación de la autoestima

Los alumnos del grupo de control tienen mejor autoestima ( $p = .000$ ) que el grupo de intervención, tanto en análisis paramétrico como no paramétrico.



### 3.3. Estudio y comparación del autoconcepto

La dimensión académica del AF-5 es significativamente mayor en el grupo de control ( $p=.03$  en análisis paramétrico,  $p=.026$  en análisis no paramétrico). Esto indicaría que los alumnos del grupo de control tienen una mejor percepción de la calidad de lo que hacen como estudiantes.

En las dimensiones social y física no hay diferencias significativas entre ambos grupos, por lo que la capacidad de integrarse y relacionarse con otros y la percepción de su propio cuerpo es prácticamente el mismo ( $p>.05$  en análisis paramétrico y no paramétrico).

La dimensión familiar tiene una variación importante, según el tipo de análisis:  $p=.048$  en el análisis paramétrico y  $p=.113$  en el análisis no paramétrico. Los alumnos del grupo de control se sienten muy valorados en las familias, más que los alumnos del grupo de intervención.

La dimensión emocional ofrece un contraste considerable con respecto a otras variables del BFQ-NA, pues es significativamente superior el equilibrio emocional de los alumnos del grupo de intervención ( $p=.044$  en el análisis no paramétrico,  $p=.066$  en el análisis paramétrico) frente al de control. La pequeña diferencia de significación estadística puede deberse al bajo valor de la población.

El ANOVA en el que se cotejan las variables del AF-5 con el seguimiento metodológico y los resultados del Stroop, la única variable de la que depende la puntuación de la interferencia es la dimensión emocional (ver anexo II).

### 3.4. Estudio y comparación de las motivaciones

Los alumnos del grupo de intervención muestran valores similares de amotivación que el grupo de control y no son estadísticamente significativos ( $p=.519$  en análisis paramétrico,  $p=.636$  en el análisis no paramétrico). Sin embargo las motivaciones extrínsecas son más bajas en el grupo de intervención de manera significativa en las tres variables: regulación externa ( $p=.001$  en análisis paramétrico y no paramétrico), regulación introyectada ( $p=.010$  en análisis paramétrico,  $p=.011$  en el análisis no paramétrico) y regulación identificada ( $p=.069$  en análisis paramétrico,  $p=.038$  en el análisis no paramétrico).

Las motivaciones intrínsecas también ofrecen algunas diferencias significativas, especialmente en la motivación intrínseca al conocimiento, cuya significación en el análisis no paramétrico es  $p=.069$ ; es posible que con una mayor población la diferencia fuera más clara. El análisis por sexos de esta variable será expuesto más adelante. En las motivaciones intrínsecas al logro y a las experiencias estimulantes no hay diferencias significativas.

Los alumnos del grupo de control perciben que tienen menores motivaciones intrínsecas y más presión ajena a ellos, incluso asumen como propias presiones que inicialmente son externas (“mi obligación es...” o “debo estudiar porque será bueno en el futuro...”), presiones internas que tienen que ver con la autoestima, así como mayores percepciones de amenazas.

Por el contrario, las motivaciones intrínsecas al conocimiento y a las experiencias estimulantes son superiores en el caso del grupo de intervención, lo que indica que estos alumnos tienen mayor motivación ante la curiosidad y el aprendizaje se involucran más en las actividades positivas y estimulantes. De algún modo encuentran estimulante aprender.

Los niveles de motivaciones intrínsecas al logro no son significativamente diferentes, es decir, los dos grupos se motivan en el mismo grado ante los retos.

### **3.5. Estudio y comparación de las características de personalidad**

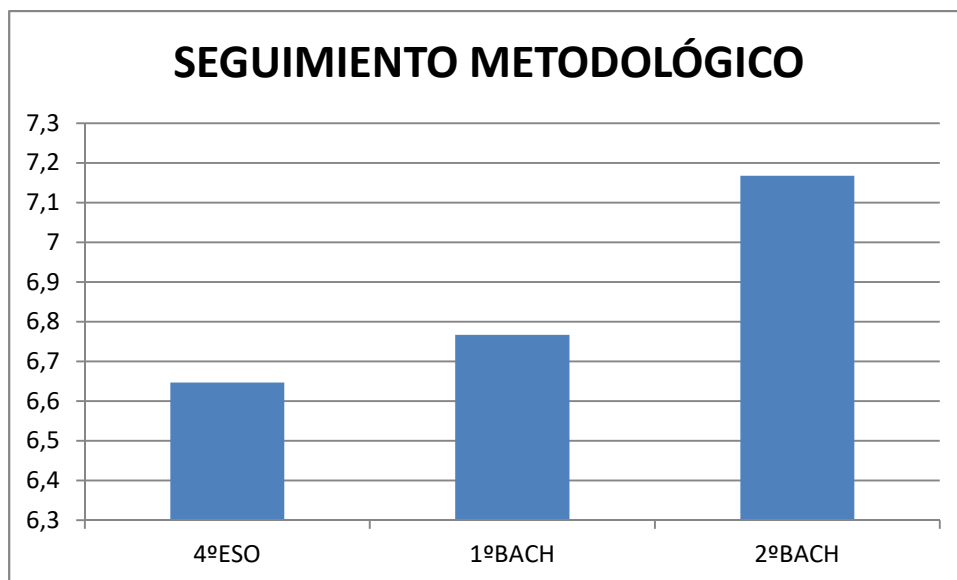
Sobre los resultados del BFQ-NA, no aparecen resultados estadísticamente significativos en ninguna de las variables, pero sí diferencias en los valores medios.

El grupo de control tiene valores superiores que el de intervención en las dimensiones extraversión e inestabilidad emocional, mientras que el grupo de intervención tiene valores superiores en las dimensiones conciencia, apertura y amabilidad.

Los alumnos del grupo de intervención tienen mayores intereses académicos, culturales y creativos, así como una mayor autonomía y capacidad de cumplimiento de los compromisos adquiridos. También muestran mayor preocupación y sensibilidad hacia los demás y sus necesidades. Muestran además menos ansiedad, sentimientos depresivos, de descontento o de ira.

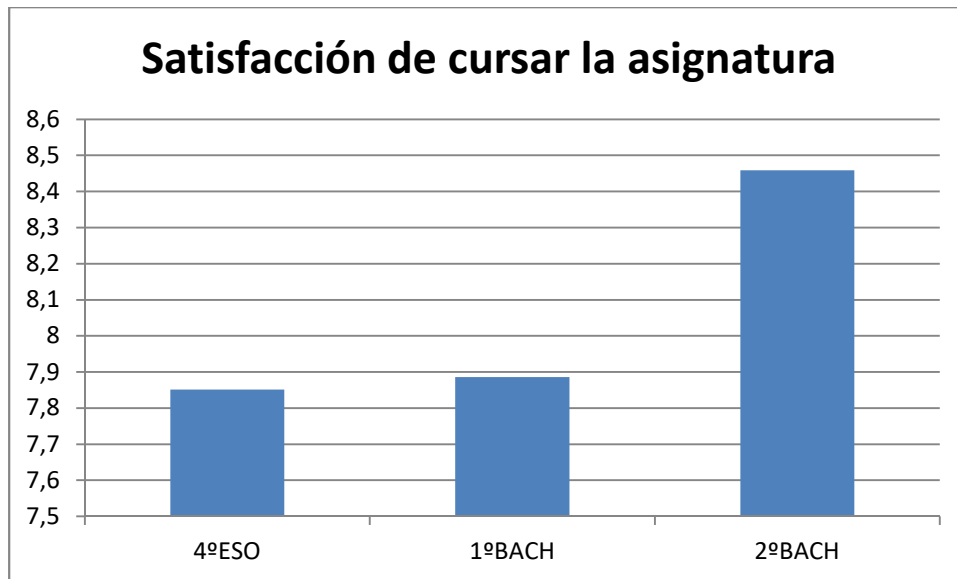
### 3.6. Análisis del seguimiento metodológico

El seguimiento de la metodología propuesta tiene una media de 6.81. Los alumnos tienen un gran margen para mejorar en las pautas indicadas a la hora de estudiar y preparar la asignatura, especialmente los varones. Les suele costar vencer inercias en la forma de estudiar adquiridas en cursos anteriores. El seguimiento metodológico no parece ser estadísticamente significativo en relación al éxito en la prueba de Stroop ( $p=.433$ ), pero si observamos los alumnos que en ese cuestionario tienen puntuaciones superiores a 30 (sobre 38), o lo que es lo mismo, de 7,89 (sobre 10), los resultados son significativos ( $p=.045$ ). Esto parece indicar que los alumnos con una alta tasa de seguimiento metodológico tienen también altas puntuaciones en la inhibición o interferencia.



### 3.7. Análisis de la satisfacción de cursar la asignatura

La satisfacción de cursar la asignatura no tiene relación directa con los resultados del Stroop. ( $p=.174$ ), pero el valor medio de esta variable indica que los alumnos es bastante alta (8.01). Independientemente de los resultados académicos, los alumnos valoran muy positivamente su paso por el curso correspondiente y se aprecia que según se asciende de curso la satisfacción es mayor.



### 3.8. Análisis de la relación del nivel de instrucción de los padres y otros factores

En relación al grado de instrucción de los padres, no hay valores estadísticos significativos en relación a las calificaciones o a la capacidad de superar la interferencia del test de Stroop.

### 3.9. Análisis por género de las variables de estudio

Los valores comparativos del Stroop por géneros son:

	Intervención	Control
Varones	8,23	5,62
Mujeres	6,91	5,61

### 3.9.1. Análisis por género: varones

Analizamos a continuación los datos de los varones (N=36):

VARIABLE	Grupo	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
AA	Caso	6,03472	1,510825	,251804
	Control	7,59213	2,638453	,439742
AS	Caso	6,74120	1,515028	,252505
	Control	7,19722	1,280113	,213352
AE	Caso	6,21435	1,455456	,242576
	Control	5,72778	1,896618	,316103
AF	Caso	7,93380	1,580815	,263469
	Control	9,33194	2,776570	,462762
AFI	Caso	6,54120	1,538003	,256334
	Control	7,26574	1,463411	,243902
A	Caso	24,75	3,237	,540
	Control	33,11	3,748	,625
AM	Caso	1,5972	,96228	,16038
	Control	1,8403	,97129	,16188
RE	Caso	5,2361	1,46134	,24356
	Control	5,5278	1,40887	,23481
RI	Caso	4,0208	1,35801	,22634
	Control	4,4167	1,32153	,22025
RID	Caso	5,7569	,87114	,14519
	Control	5,8056	,96937	,16156
MIC	Caso	5,2917	1,02382	,17064
	Control	5,1389	1,22830	,20472
MIL	Caso	4,7083	1,18999	,19833
	Control	4,8056	1,23072	,20512
MIEE	Caso	4,2569	1,23850	,20642
	Control	4,1458	1,32742	,22124
C	Caso	54,11	8,979	1,496
	Control	48,39	13,196	2,199
AP	Caso	21,75	4,352	,725
	Control	18,50	4,233	,705
EX	Caso	21,19	4,990	,832
	Control	20,69	4,774	,796
AMA	Caso	23,06	4,420	,737
	Control	20,22	8,247	1,374

IM	Caso	39,50	7,347	1,224
	Control	41,31	5,549	,925
I	Caso	8,8591	8,75462	1,45910
	Control	5,5447	7,22311	1,20385

TABLA 4. Puntuaciones directas (varones)

Se observa que los valores medios en el grupo de intervención son superiores en las siguientes variables: dimensión emocional, motivación intrínseca al conocimiento y a las experiencias estimulantes, conciencia, apertura, extraversión, amabilidad e inhibición.

VARIABLES		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
AA	Se asumen varianzas iguales	,058	,811	-3,073	70	,003	-1,557407	,506733	-2,568055	-,546760
	No se asumen varianzas iguales			-3,073	55,724	,003	-1,557407	,506733	-2,572627	-,542188
AS	Se asumen varianzas iguales	1,573	,214	-1,379	70	,172	-,456019	,330572	-1,115323	,203286
	No se asumen varianzas iguales			-1,379	68,103	,172	-,456019	,330572	-1,115646	,203609
AE	Se asumen varianzas iguales	3,017	,087	1,221	70	,226	,486574	,398452	-,308114	1,281262
	No se asumen varianzas iguales			1,221	65,608	,226	,486574	,398452	-,309050	1,282198
AF	Se asumen varianzas iguales	,019	,891	-2,626	70	,011	-1,398148	,532508	-2,460201	-,336095
	No se asumen varianzas iguales			-2,626	55,533	,011	-1,398148	,532508	-2,465087	-,331209
AFI	Se asumen varianzas iguales	,837	,363	-2,048	70	,044	-,724537	,353829	-1,430227	-,018847
	No se asumen varianzas iguales			-2,048	69,828	,044	-,724537	,353829	-1,430258	-,018816

A	Se asumen varianzas iguales	1,093	,299	-10,130	70	,000	-8,361	,825	-10,007	-6,715
	No se asumen varianzas iguales			-10,130	68,551	,000	-8,361	,825	-10,008	-6,714
AM	Se asumen varianzas iguales	1,805	,183	-1,067	70	,290	-,24306	,22788	-,69754	,21143
	No se asumen varianzas iguales			-1,067	69,994	,290	-,24306	,22788	-,69754	,21143
RE	Se asumen varianzas iguales	,173	,679	-,862	70	,392	-,29167	,33831	-,96641	,38308
	No se asumen varianzas iguales			-,862	69,907	,392	-,29167	,33831	-,96643	,38310
RI	Se asumen varianzas iguales	,008	,928	-1,253	70	,214	-,39583	,31582	-1,02571	,23404
	No se asumen varianzas iguales			-1,253	69,948	,214	-,39583	,31582	-1,02572	,23405
RID	Se asumen varianzas iguales	,208	,650	-,224	70	,824	-,04861	,21721	-,48183	,38461
	No se asumen varianzas iguales			-,224	69,216	,824	-,04861	,21721	-,48192	,38470
MIC	Se asumen varianzas iguales	1,444	,234	,573	70	,568	,15278	,26651	-,37875	,68431
	No se asumen varianzas iguales			,573	67,801	,568	,15278	,26651	-,37906	,68461
MIL	Se asumen varianzas iguales	,233	,630	-,341	70	,734	-,09722	,28532	-,66628	,47184
	No se asumen varianzas iguales			-,341	69,921	,734	-,09722	,28532	-,66629	,47185
MIE	Se asumen varianzas iguales	,851	,359	,367	70	,715	,11111	,30258	-,49236	,71458
	No se asumen varianzas iguales			,367	69,666	,715	,11111	,30258	-,49241	,71464
C	Se asumen varianzas iguales	,750	,389	2,151	70	,035	5,722	2,660	,417	11,028
	No se asumen varianzas iguales			2,151	61,687	,035	5,722	2,660	,404	11,040
AP	Se asumen varianzas iguales	,014	,907	3,212	70	,002	3,250	1,012	1,232	5,268
	No se asumen varianzas iguales			3,212	69,946	,002	3,250	1,012	1,232	5,268
EX	Se asumen varianzas iguales	,002	,966	,434	70	,665	,500	1,151	-1,796	2,796

	No se asumen varianzas iguales			,434	69,863	,665	,500	1,151	-1,796	2,796
AMA	Se asumen varianzas iguales	1,002	,320	1,817	70	,074	2,833	1,559	-,277	5,944
	No se asumen varianzas iguales			1,817	53,579	,075	2,833	1,559	-,294	5,960
IM	Se asumen varianzas iguales	2,775	,100	-1,177	70	,243	-1,806	1,534	-4,866	1,255
	No se asumen varianzas iguales			-1,177	65,128	,244	-1,806	1,534	-4,870	1,259
I	Se asumen varianzas iguales	,358	,552	1,752	70	,084	3,31439	1,89162	-,45834	7,08711
	No se asumen varianzas iguales			1,752	67,562	,084	3,31439	1,89162	-,46073	7,08951

TABLA 5. Análisis paramétrico (varones)

El análisis paramétrico indica que la dimensión afectiva es significativamente superior en el grupo de control ( $p=.003$ ). También lo son las dimensiones familiar ( $p=.11$ ), física ( $p=.44$ ) y la autoestima ( $p=.000$ ).

Pero la población de intervención tiene significativamente valores superiores en conciencia ( $p=.35$ ), apertura ( $p=.002$ ) y razonablemente significativas la dimensión amabilidad ( $p=.074$ ) y la inhibición ( $p=.084$ )

Sobre el análisis no paramétrico (pruebas U Mann-Whitney para muestras independientes):

	Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1	La distribución AA es la misma entre las categorías de Grupo.	,000	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de AS es la misma entre las categorías de Grupo.	,169	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de AE es la misma entre las categorías de Grupo.	,251	Conserve la hipótesis nula.
4	La distribución AF familiar es la misma entre las categorías de Grupo.	,003	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de AFI es la misma entre las categorías de Grupo.	,042	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de A es la misma entre las categorías de Grupo.	,000	Rechace la hipótesis nula.



7	La distribución AM es la misma entre las categorías de Grupo.	,311	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de RE es la misma entre las categorías de Grupo.	,360	Conserve la hipótesis nula.
9	La distribución RI es la misma entre las categorías de Grupo.	,192	Conserve la hipótesis nula.
10	La distribución RID es la misma entre las categorías de Grupo.	,545	Conserve la hipótesis nula.
11	La distribución de MIC de la misma entre las categorías de Grupo.	,950	Conserve la hipótesis nula.
12	La distribución de MIL es la misma entre las categorías de Grupo.	,569	Conserve la hipótesis nula.
13	La distribución de MIEE es la misma entre las categorías de Grupo.	,786	Conserve la hipótesis nula.
14	La distribución de C es la misma entre las categorías de Grupo.	,036	Rechace la hipótesis nula.
15	Distribución de AP es la misma entre las categorías de Grupo.	,004	Rechace la hipótesis nula.
16	La distribución de EX es la misma entre las categorías de Grupo.	,588	Conserve la hipótesis nula.
17	La distribución de AMA es la misma entre las categorías de Grupo	,088	Conserve la hipótesis nula.
18	La distribución de IE es la misma entre las categorías de Grupo.	,379	Conserve la hipótesis nula.
19	La distribución de I es la misma entre las categorías de Grupo.	,087	Conserve la hipótesis nula.

TABLA 6. Análisis no paramétrico (varones)

De nuevo la dimensión académica es significativamente superior en el grupo de control que en el de intervención ( $p=.000$ ).

Las dimensiones familiar, física y la autoestima son significativamente superiores también en el grupo de control.

Las motivaciones extrínsecas son mayores también en el grupo de control (regulación externa, introyectada e identificada), aunque no significativamente. Sucede lo mismo con la amotivación.

Las motivaciones intrínsecas (al conocimiento y a las experiencias estimulantes) son superiores en el grupo de intervención, aunque no de forma significativa.

Sin embargo las dimensiones conciencia y apertura son significativamente superiores en el grupo de intervención, tanto en análisis paramétrico como no paramétrico.

La prueba de Stroop tiene una validez estadística correspondiente a  $p=.087$ , lo que indica que no es significativa pero está cerca de serlo.

### 3.9.2. Análisis por género: mujeres

En referencia a las mujeres (N=33), los datos son los siguientes:

VARIABLE	Grupo	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
AA	Caso	7,27323	1,513802	,263519
	Control	7,09596	1,684880	,293300
AS	Caso	6,72071	1,494243	,260114
	Control	6,44545	2,107869	,366933
AE	Caso	5,17828	1,899111	,330593
	Control	4,48131	1,787339	,311136
AF	Caso	8,38737	1,593689	,277426
	Control	8,26162	1,422711	,247662
AFI	Caso	5,92677	1,758096	,306045
	Control	5,55859	2,036435	,354498
A	Caso	25,79	2,945	,513
	Control	28,45	6,255	1,089
AM	Caso	1,6288	,81997	,14274
	Control	1,5682	,77629	,13513
RE	Caso	4,5606	1,31255	,22848
	Control	5,8106	,98033	,17065
RI	Caso	4,3333	1,42064	,24730
	Control	5,1364	1,07727	,18753
RID	Caso	5,7424	,98323	,17116
	Control	6,2727	,68284	,11887
MIC	Caso	5,7500	,93750	,16320
	Control	5,1742	1,18665	,20657
MIL	Caso	5,3636	1,00018	,17411
	Control	5,3182	1,19614	,20822
MIEE	Caso	4,6288	1,14414	,19917
	Control	4,2727	1,08499	,18887
C	Caso	47,27	9,159	1,594
	Control	51,76	11,333	1,973

AP	Caso	18,91	4,792	,834
	Control	22,21	4,136	,720
EX	Caso	21,15	4,738	,825
	Control	23,24	5,226	,910
AMA	Caso	20,88	4,435	,772
	Control	21,03	4,134	,720
IM	Caso	36,42	7,591	1,321
	Control	35,79	7,377	1,284
I	Caso	7,2518	7,14649	1,24404
	Control	5,4681	4,95204	,86204

TABLA 7. Puntuaciones directas (mujeres)

Las siguientes variables son superiores en el grupo de intervención: dimensiones académica, social, emocional, familiar y física, amotivación, motivaciones intrínsecas al conocimiento, al logro y a las experiencias estimulantes, inestabilidad emocional e inhibición.

VARIABLE		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
AA	Se asumen varianzas iguales	,062	,804	,450	64	,655	,177273	,394293	-,610419	,964964
	No se asumen varianzas iguales			,450	63,280	,655	,177273	,394293	-,610591	,965137
AS	Se asumen varianzas iguales	2,267	,137	,612	64	,543	,275253	,449777	-,623280	1,173785
	No se asumen varianzas iguales			,612	57,677	,543	,275253	,449777	-,625181	1,175686
AE	Se asumen varianzas iguales	,709	,403	1,535	64	,130	,696970	,453979	-,209958	1,603897
	No se asumen varianzas iguales			1,535	63,766	,130	,696970	,453979	-,210022	1,603961
AF	Se asumen varianzas iguales	,114	,736	,338	64	,736	,125758	,371889	-,617176	,868691
	No se asumen varianzas iguales			,338	63,193	,736	,125758	,371889	-,617359	,868874

AFI	Se asumen varianzas iguales	,432	,513	,786	64	,435	,368182	,468329	-,567414	1,303777
	No se asumen varianzas iguales			,786	62,666	,435	,368182	,468329	-,567798	1,304161
A	Se asumen varianzas iguales	13,178	,001	-2,216	64	,030	-2,667	1,204	-5,071	-,262
	No se asumen varianzas iguales			-2,216	45,520	,032	-2,667	1,204	-5,090	-,243
AM	Se asumen varianzas iguales	,280	,599	,308	64	,759	,06061	,19656	-,33207	,45328
	No se asumen varianzas iguales			,308	63,809	,759	,06061	,19656	-,33209	,45330
RE	Se asumen varianzas iguales	3,458	,068	-4,383	64	,000	-1,25000	,28518	-1,81971	-,68029
	No se asumen varianzas iguales			-4,383	59,229	,000	-1,25000	,28518	-1,82060	-,67940
RI	Se asumen varianzas iguales	2,467	,121	-2,587	64	,012	-,80303	,31036	-1,42305	-,18301
	No se asumen varianzas iguales			-2,587	59,657	,012	-,80303	,31036	-1,42392	-,18214
RID	Se asumen varianzas iguales	2,815	,098	-2,545	64	,013	-,53030	,20838	-,94660	-,11401
	No se asumen varianzas iguales			-2,545	57,042	,014	-,53030	,20838	-,94758	-,11303
MIC	Se asumen varianzas iguales	3,816	,055	2,187	64	,032	,57576	,26326	,04984	1,10168
	No se asumen varianzas iguales			2,187	60,747	,033	,57576	,26326	,04930	1,10222
MIL	Se asumen varianzas iguales	,647	,424	,167	64	,868	,04545	,27142	-,49677	,58768
	No se asumen varianzas iguales			,167	62,055	,868	,04545	,27142	-,49710	,58801
MIEE	Se asumen varianzas iguales	,160	,690	1,297	64	,199	,35606	,27448	-,19228	,90441
	No se asumen varianzas iguales			1,297	63,820	,199	,35606	,27448	-,19231	,90444
C	Se asumen varianzas iguales	1,216	,274	-1,768	64	,082	-4,485	2,537	-9,552	,583
	No se asumen varianzas iguales			-1,768	61,302	,082	-4,485	2,537	-9,557	,587
AP	Se asumen varianzas iguales	,709	,403	-2,998	64	,004	-3,303	1,102	-5,504	-1,102

	No se asumen varianzas iguales			-2,998	62,664	,004	-3,303	1,102	-5,505	-1,101
EX	Se asumen varianzas iguales	,162	,688	-1,703	64	,093	-2,091	1,228	-4,544	,362
	No se asumen varianzas iguales			-1,703	63,393	,094	-2,091	1,228	-4,544	,363
AMA	Se asumen varianzas iguales	,126	,724	-,144	64	,886	-,152	1,056	-2,260	1,957
	No se asumen varianzas iguales			-,144	63,686	,886	-,152	1,056	-2,260	1,957
IM	Se asumen varianzas iguales	,027	,871	,345	64	,731	,636	1,843	-3,045	4,318
	No se asumen varianzas iguales			,345	63,948	,731	,636	1,843	-3,045	4,318
I	Se asumen varianzas iguales	3,671	,060	1,179	64	,243	1,78369	1,51352	-1,23992	4,80731
	No se asumen varianzas iguales			1,179	56,973	,243	1,78369	1,51352	-1,24712	4,81451

TABLA 8. Análisis paramétrico (mujeres)

Resultan estadísticamente significativas a favor de la muestra de control las variables autoestima ( $p=.030$ ), regulación externa ( $p=.000$ ), regulación introyectada ( $p=.012$ ) y regulación identificada ( $p=.013$ ) y la apertura ( $p=.004$ ), mientras que resulta significativamente superior en el grupo de intervención la variable motivación intrínseca al conocimiento ( $p=.032$ )

Sobre el análisis no paramétrico (pruebas U Mann-Whitney para muestras independientes):

	Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1	La distribución AA es la misma entre las categorías de Grupo.	,758	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de AS es la misma entre las categorías de Grupo.	,827	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de AE es la misma entre las categorías de Grupo.	,116	Conserve la hipótesis nula.
4	La distribución AF familiar es la misma entre las categorías de Grupo.	,449	Conserve la hipótesis nula.
5	La distribución de AFI es la misma entre las categorías de Grupo.	,501	Conserve la hipótesis nula.

6	La distribución de A es la misma entre las categorías de Grupo.	,004	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución AM es la misma entre las categorías de Grupo.	,686	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de RE es la misma entre las categorías de Grupo.	,000	Rechace la hipótesis nula.
9	La distribución RI es la misma entre las categorías de Grupo.	,019	Rechace la hipótesis nula.
10	La distribución RID es la misma entre las categorías de Grupo.	,020	Rechace la hipótesis nula.
11	La distribución de MIC de la misma entre las categorías de Grupo.	,048	Rechace la hipótesis nula.
12	La distribución de MIL es la misma entre las categorías de Grupo.	,974	Conserve la hipótesis nula.
13	La distribución de MIEE es la misma entre las categorías de Grupo.	,161	Conserve la hipótesis nula.
14	La distribución de C es la misma entre las categorías de Grupo.	,031	Rechace la hipótesis nula.
15	Distribución de AP es la misma entre las categorías de Grupo.	,007	Rechace la hipótesis nula.
16	La distribución de EX es la misma entre las categorías de Grupo.	,094	Conserve la hipótesis nula.
17	La distribución de AMA es la misma entre las categorías de Grupo	,817	Conserve la hipótesis nula.
18	La distribución de IE es la misma entre las categorías de Grupo.	,567	Conserve la hipótesis nula.
19	La distribución de I es la misma entre las categorías de Grupo.	,320	Conserve la hipótesis nula.

TABLA 9. Análisis no paramétrico (mujeres)

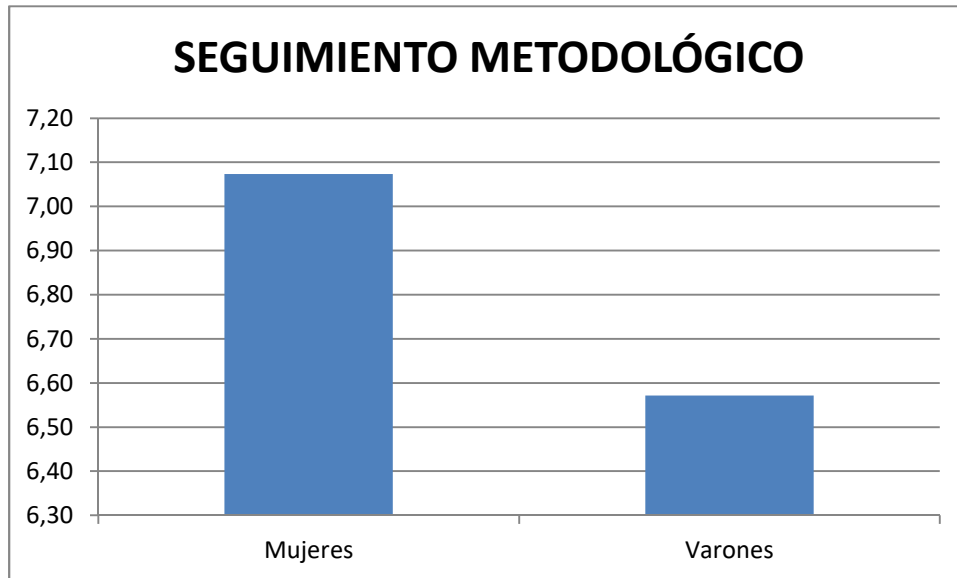
Las dimensiones académica, social, emocional, familiar y física en las mujeres del grupo de intervención son mayores que las del grupo de control, pero no significativamente.

La autoestima es significativamente inferior en el grupo de intervención ( $p=.004$ ).

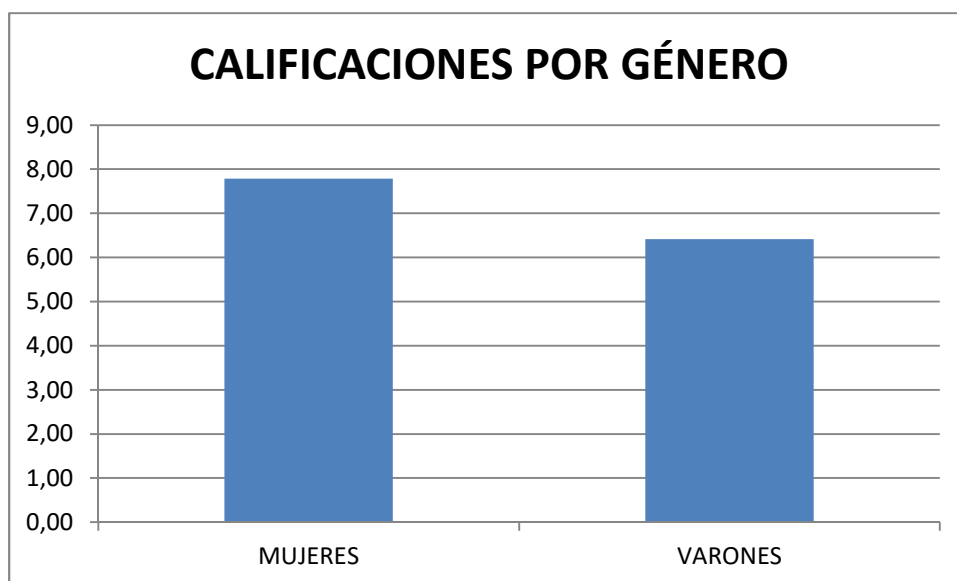
Sin embargo, las motivaciones extrínsecas (regulación externa, introyectada e identificada) son significativamente superiores en el grupo de control ( $p=.000$ ,  $p=.019$ ,  $p=.020$ , respectivamente), mientras que las motivaciones intrínsecas (al conocimiento, al logro y a las experiencias estimulantes) son superiores en el

grupo de intervención. Las motivaciones intrínsecas al conocimiento lo son significativamente ( $p=.048$ ).

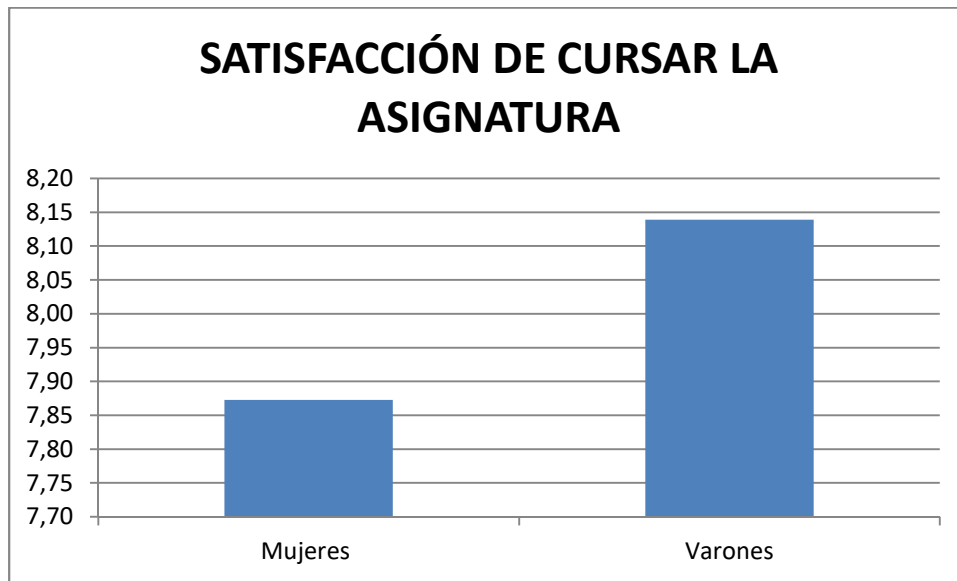
Todo ello significa que las alumnas del colegio de intervención están significativamente más motivadas ante el estudio y tienen un especial interés por aprender.



La anterior gráfica permite visibilizar la diferencia entre varones y mujeres en el seguimiento metodológico existente. En consecuencia, las calificaciones de las mujeres es de media más alta que la de los varones, tal y como se muestra en el siguiente gráfico:



Obsérvese la sensible diferencia entre la satisfacción de cursar la asignatura de los varones y de las mujeres:



Las mujeres, aun cuando la puntuación es alta, están menos satisfechas que los varones.

### 3.10. Análisis multivariante

Se han cruzado los niveles de inhibición con variables de la personalidad, con las variables de motivación, de autoconcepto, notas y autoestima. Ninguno ha arrojado resultados positivos, salvo el ya mencionado entre la inhibición y la dimensión emocional del AF-5.



## **4. DISCUSIÓN**

#### 4.1. Estudio de la inhibición

El test de Stroop ha mostrado zonas de activación cerebral en común con el estudio de la Física que realizan los adolescentes. A la luz de estos resultados se podría inferir tras lo expuesto anteriormente que los alumnos de intervención tienen mayor capacidad de soportar la interferencia de la prueba gracias a una mayor activación del córtex prefrontal dorsolateral, es decir, un mayor grado de inhibición. De algún modo estos alumnos filtran mejor la información y ofrecen menor impulsividad, un mayor control por parte de las funciones ejecutivas.

Esta diferencia apreciable en las medias, es estadísticamente significativa ( $p = .030$ ). En las pruebas no paramétricas se aprecia que  $p = .055$ , por lo que prácticamente indica lo mismo.

Este resultado es concordante con los enfoques docentes basados en el cerebro, que ya han demostrado ser más efectivos que los métodos convencionales de aprendizaje a la hora de aprehender significativamente el conocimiento de las leyes de la Física (Saleh, 2012). Se propone que el sustrato fisiológico analizado en este trabajo puede aportar algo a la explicación de lo que sucede; no solo se mejora la comprensión de la física newtoniana, sino en general la forma de juzgar, de razonar, en tanto que para realizar estas operaciones es necesaria la inhibición de impulsos o primeras ideas intuitivas sobre las cosas.

#### 4.2. Estudio de la personalidad, autoestima y motivaciones.

Algunos autores recalcan que los adolescentes de comienzo del siglo XXI tienen alta sobreconfianza y baja estabilidad emocional (Garaigordobil & Durá, 2005). La alta confianza explicaría por qué el grupo de control tiene tan buen autoconcepto de la dimensión académica en comparación con la población de intervención, pero dicha explicación se complementaría con el análisis de las motivaciones que se realizará más adelante.

La resiliencia se considera un proceso que requiere un constante aprendizaje, un equilibrio entre la autonomía personal, independencia, pertenencia al grupo, pero dependencia en algunos factores de los padres (Feder, 2018) y fuertemente vinculada a la búsqueda de la identidad personal.

El doctor Lieb, director del Centro Alemán de Resiliencia (Maguncia), afirma que la resiliencia, unida de algún modo a la autoestima y al autoconcepto, mejora cuando se tiene la habilidad de despertar emociones positivas en uno mismo con regularidad (Lieb, 2018). Será entonces importante analizar cómo es la percepción emocional de los alumnos.

Aunque hay algunos resultados claros en algunas dimensiones, el papel de otras no parece estar bien definido. Incrementando el valor de N es posible que estas dudas se pudieran despejar.

Los alumnos del grupo de control perciben que tienen menores motivaciones intrínsecas y más presión ajena a ellos, incluso asumen como propias presiones que inicialmente son externas (“mi obligación es...” o “debo estudiar porque será bueno en el futuro...”), presiones internas que tienen que ver con la autoestima, así como mayores percepciones de amenazas.

Por el contrario, las motivaciones intrínsecas al conocimiento y a las experiencias estimulantes son superiores en el caso del grupo de intervención, lo que indica que estos alumnos tienen mayor motivación ante la curiosidad y el aprendizaje se involucra más en las actividades positivas y estimulantes. De algún modo encuentran estimulante aprender.

Los niveles de motivaciones intrínsecas al logro no son significativamente diferentes, es decir, los dos grupos se motivan en el mismo grado ante los retos.

Los resultados motivacionales son concordantes con los ofrecidos en un informe externo realizado al centro de aplicación, en el que se destaca la alta motivación y profundidad de las explicaciones ofrecidas en temas referentes a las ciencias (Harris, 2019).

Los alumnos con mayores motivaciones intrínsecas tienen mayor resiliencia, que a su vez está vinculada directamente con el equilibrio emocional. Como ya se ha visto, el equilibrio emocional está significativamente vinculado a la prueba de Stroop.

Durante el invierno de 2019 se ha realizado un estudio paralelo tan solo con alumnos de 4º de la ESO, por parte de Jiménez para su trabajo de fin de máster (Jiménez, 2019). Se midieron algunas variables motivacionales y los resultados significativos obtenidos se muestran a continuación:

Los alumnos del grupo de intervención muestran un incremento notable tanto en el valor que le dan a la materia como en la valoración personal del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los alumnos del grupo de intervención muestran una mayor conformidad con el esfuerzo necesario para progresar en la asignatura y, por consiguiente, su disposición al trabajo es mayor.

Los alumnos del grupo de intervención muestran un descenso significativo en el locus de control externo, dando menos importancia a los factores ajenos a su control, como el tipo de examen o la suerte, cuando se trata de analizar los resultados obtenidos.

Los alumnos del grupo de intervención muestran un incremento significativo en la búsqueda del dominio de la materia.

Los alumnos del grupo de intervención muestran un descenso de los objetivos de ejecución y de evitación del juicio; no dan tanta importancia a lo que los compañeros o el profesor puedan pensar de ellos y priman su juicio interno en mayor medida que el grupo de control.

Los alumnos del grupo de intervención muestran un descenso de los objetivos relacionados con la evitación del esfuerzo; están más abiertos a trabajar y a esforzarse para poder alcanzar el resto de los objetivos que se planteen.

No solo los resultados están de acuerdo con los que ofrece el presente estudio, sino que apunta a rasgos motivacionales generales, ya que los alumnos del estudio de Javier Jiménez ya no eran alumnos pertenecientes al presente estudio. Dicho de otro modo, los resultados del presente estudio no parecen obtenidos por casualidad, dado que otro estudio con población del mismo centro, pero no de este trabajo de investigación, ha ofrecido resultados similares, empleando medios distintos de medida.

La dimensión emocional del AF-5 tiene mejores puntuaciones en el grupo de intervención, pero no es estadísticamente significativo ( $p=.492$ ). La inestabilidad emocional del BFQ-NA es mayor en el grupo de control, aunque tampoco es estadísticamente significativo ( $p=.317$ ). Una lectura combinada de ambos datos podría indicar que los alumnos del grupo de intervención tienen un mayor equilibrio emocional.

Como se ha comentado anteriormente, los alumnos del grupo de intervención tienen mayores intereses académicos, culturales y creativos, así como una mayor

autonomía y capacidad de cumplimiento de los compromisos adquiridos. También muestran mayor preocupación y sensibilidad hacia los demás y sus necesidades. Muestran además menos ansiedad, sentimientos depresivos, de descontento o de ira.

En concordancia con el trabajo de Komarraju (Komarraju, Karau, & Schmeck, 2009) en el que se asocian los resultados académicos con algunos aspectos de la personalidad (BFQ-NA), se observa que la dimensión conciencia tiene una correlación directa con las motivaciones intrínsecas. La apertura está vinculada positivamente con la curiosidad intelectual y las motivaciones intrínsecas. Del mismo modo, la extraversión está correlacionada con las motivaciones extrínsecas. En aquel estudio también se asocia la amotivación con la inestabilidad emocional. Así, la conciencia, apertura y la amabilidad están fuertemente asociadas al éxito académico, especialmente la primera.

El factor conciencia se muestra como la dimensión central sobre la que pivotan los tres tipos de motivación, sugiriendo que los estudiantes disciplinados y organizados están más motivados.

Este hecho concuerda con la mayor motivación que se genera en los estudiantes que siguen enfoques de enseñanza basados en el cerebro (BBTA), ya que muestran que las motivaciones son mayores que en los alumnos que estudian por métodos convencionales de aprendizaje (Saleh, 2011).

En el mencionado estudio de Komarraju se destaca que algunos aspectos de la personalidad, como el coraje, la sociabilidad y la estabilidad emocional, son factores esenciales en el éxito académico.

Todo ello parece ser congruente con el presente estudio, aunque con las dificultades que presenta en significación una N tan baja.

Bajo esta perspectiva se podría explicar la diferencia significativa en la variable dimensión académica del AF-5, puesto que los alumnos del centro de intervención pueden tener la sensación de no acabar nunca de estudiar, ya que siempre hay algo más sobre lo que se preguntan, no dan su labor como estudiantes terminada.

### 4.3. Estudio del seguimiento metodológico

La mejora por parte del alumno en el seguimiento metodológico depende de que se fíe del profesor, de las indicaciones ofrecidas, puesto que inicialmente los alumnos emplean recursos adquiridos antes. Cambiar esos hábitos requiere también tiempo y paciencia, ya que tiene que ver con el establecimiento de nuevas redes neuronales.

Que la prueba de Stroop sea independiente del seguimiento metodológico y del nivel de satisfacción puede indicar que las motivaciones intrínsecas al conocimiento tienen una influencia en las dimensiones emocional (AF-5) o la inestabilidad emocional (BFQ-NA), en la afectividad de los alumnos.

### 4.4. Estudio del nivel de instrucción de los padres

En relación al grado de instrucción de los padres, no hay valores estadísticos significativos en relación a las calificaciones o a la capacidad de superar la interferencia del test de Stroop. Este hecho contrasta con el informe Education at a Glance 2018 de la OCDE, que indica que el nivel formativo de las familias influye en la vida académica y laboral de los hijos. También señala que el 55% de los alumnos cuyos padres no han alcanzado el nivel de bachillerato tampoco lo alcanzan (OECD, 2018).

Se puede inferir que si el método que se propone es útil, lo es con independencia del nivel de formación de los progenitores, dado que es el alumno en primera persona el que se responsabiliza de su propio aprendizaje.

El trabajo conjunto entre padres y profesores se ha revelado con uno de los motivos más consistentes para el éxito de los alumnos (Carrasco & Javaloyes Soto, Motivar para educar, 2015). Dicha coordinación centro-familia es fruto de un intenso trabajo en el centro de intervención. Algunas de las líneas de colaboración entre ambos agentes educativos son las que proponen en la serie de prácticas educativas nº2 (Redding, 2000):

- a) Hay conductas familiares que favorecen a los estudiantes para aprender, como por ejemplo, escuchar.

- b) Los alumnos rinden más cuando los padres marcan límites, estimulan el uso productivo del tiempo y propician experiencias de aprendizaje.
- c) Las tareas para realizar en casa, cuando son utilizadas apropiadamente por los profesores, producen un efecto sobre el aprendizaje tres veces superior al estatus socioeconómico familiar.
- d) Los alumnos rinden más cuando pares y profesores mantienen contacto para hablar de los alumnos.
- e) Beneficia el aprendizaje de los alumnos la participación de los padres en programas de formación grupal.
- f) Un centro escolar que se perciba a sí mismo como una comunidad formada por sus elementos (estudiantes, personal del centro, familias) más que como una organización, tiene más probabilidades de estimular las interacciones sociales.

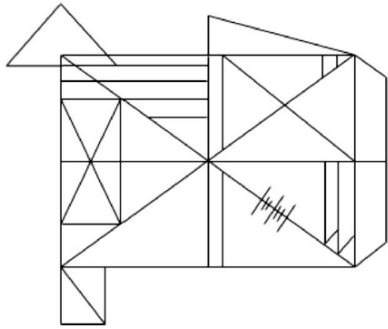
#### 4.5. Estudio por género

Sobre la paridad de la muestra, se tiene una distribución por género similar a las medias que ofrece el estudio de la RSEF sobre el estado de la Física en España ya mencionado (Carreras Béjar, Nacenta Torres, Pedro Mestre, & Alonso Sánchez, 2018), 55% varones y 45% mujeres aproximadamente.

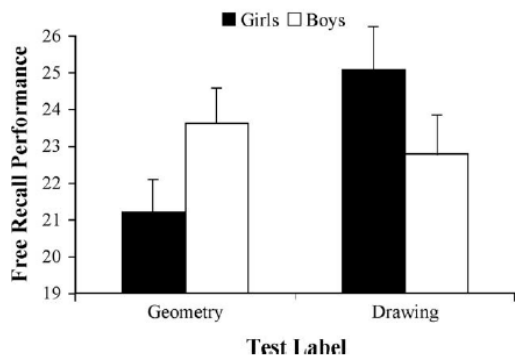
La diferencia entre hombres y mujeres del grupo de intervención puede ser debida a la fragmentación de la muestra, que no es de por sí muy grande.

Otro motivo puede ser el hecho de que las mujeres aprecien de algún modo que están en inferioridad numérica respecto de los hombres, de acuerdo con los estudios mencionados anteriormente (Wulff, Hazari, Petersen, & Neumann, 2018), (Maries, Karim, & Singh, 2018), en los que era necesaria una paridad para que los posibles complejos de inferioridad en materias de ciencias o prejuicios que las mujeres pueden tener sobre sí mismas sean de algún modo superados.

Estos resultados pueden estar en concordancia con el estudio realizado en Francia con adolescentes a las que se les pidió reproducir de memoria un dibujo (Huguet & Régner, 2009), pero a unos les dijo que era un ejercicio de geometría y a otros de dibujo:



Los resultados indicaron que si se consideraba una prueba de matemáticas las estudiantes tenían peores resultados que si consideraban que el ejercicio era de dibujo, mientras que los alumnos mantenían unos valores similares ante ambos planteamientos:



Las pruebas del presente estudio se realizaron durante clases de la asignatura, por lo que puede haber un nivel de inconsciencia que asocia las pruebas con el contenido de Física.

En cualquier caso, ambos géneros están por encima de sus correspondientes grupos de control.

#### 4.5.1. Varones

Sobre los datos referentes a los varones, se observa que las dimensiones familiar, física y la autoestima son significativamente superiores también en el grupo de control, tanto en el análisis paramétrico como en el no paramétrico. Esto datos contrastan con la estabilidad emocional, que es significativamente superior en el grupo de intervención. La crítica y el rechazo maternos en la adolescencia



temprana y la crítica y el rechazo paternos en la adolescencia media se asociaron con la inestabilidad emocional (Mendo Lázaro, León Del Barco, Polo Del Río, Yuste Tosina, & López Ramos, 2019 ), por lo que los datos experimentales obtenidos podrían ser interpretados en términos de una sobreprotección familiar en el grupo de control, que hace que estos adolescentes tengan buena autoestima pero no un gran equilibrio emocional interno.

Las motivaciones extrínsecas son mayores también en el grupo de control (regulación externa, introyectada e identificada), aunque no significativamente. Sucede lo mismo con la amotivación. Las motivaciones intrínsecas (al conocimiento y a las experiencias estimulantes) son superiores en el grupo de intervención, aunque no de forma significativa.

Sin embargo las dimensiones conciencia y apertura son significativamente superiores en el grupo de intervención, tanto en análisis paramétrico como no paramétrico.

La amabilidad es mayor en el grupo de intervención, casi de modo significativo.

La prueba de Stroop tiene una validez estadística correspondiente a  $p=.084$  (en análisis paramétrico) y a  $p=.087$  (en el análisis no paramétrico), lo que indica que no es significativa pero está cerca de serlo.

Según se ha analizado antes, estas dimensiones están vinculadas a las motivaciones intrínsecas y al éxito académico. La falta de significación en todas las variables analizadas puede deberse al bajo valor de N y al hecho de fragmentar la muestra por género (36 alumnos), pero los resultados son congruentes con los contrastados en otros estudios (Komarraju, Karau, & Schmeck, 2009).

#### **4.5.2. Mujeres**

En referencia a las mujeres, las dimensiones académica, social, emocional, familiar y física en las mujeres del grupo de intervención son mayores que las del grupo de control, pero no significativamente.

La autoestima (escala de Rosenberg) es significativamente inferior en el grupo de intervención, tanto en el análisis paramétrico como no paramétrico.

Los niveles de amotivación entre las mujeres de ambos grupos son prácticamente los mismos.

Sin embargo, las motivaciones extrínsecas (regulación externa, introyectada e identificada) son significativamente superiores en el grupo de control, mientras que las motivaciones intrínsecas (al conocimiento, al logro y a las experiencias estimulantes) son superiores en el grupo de intervención. Las motivaciones intrínsecas al conocimiento lo son significativamente.

Todo ello significa que las alumnas del colegio de intervención están significativamente más motivadas ante el estudio y tienen un especial interés por aprender.

Los resultados del BFQ-NA en mujeres son irregulares: las mujeres del grupo de intervención tienen peores puntuaciones en conciencia, apertura (significativamente), extraversión y amabilidad, mientras que presentan mayor inestabilidad emocional. Estos datos no concuerdan con los estudios anteriormente mencionados y puede que se deban al bajo valor de N, en este caso 33 alumnas. El autoconcepto y la autoestima de hombres y mujeres a estas edades suele marcar diferencias a favor de los varones, tal y como muestran algunos estudios al respecto (Martín-Albo, Núñez, Navarro, & Grijalvo, 2007) (Pastor, Balaguer, & García-Merita, 2003). En este sentido los resultados de este trabajo de investigación son congruentes con dichos artículos. Así mismo, el propio test indica esa diferencia que cada vez sea hace mayor entre varones y mujeres en la inestabilidad emocional (Barbaranelli, Rabasca, del Barrio Gándara, Carrasco Ortiz, & Holgado Tello, 2013).

La observación directa muestra que las mujeres suelen estar más concienciadas de su responsabilidad como estudiantes, lo que parece también incrementar su estrés por llevar la asignatura al día, mientras que los varones suelen no pensar tanto en llevar actualizadamente sus estudios. Pese a ello, como se ha visto, las mujeres tienen un alto grado de motivación intrínseca al conocimiento.

Se puede observar que las mujeres, aun cuando la puntuación es alta, están menos satisfechas de cursar la asignatura que los varones. Esta cuestión refuerza la idea de que las mujeres se estresan más ante el estudio y lo conciben con una mayor responsabilidad que los varones. De fondo, de nuevo, puede estar el prejuicio que las mujeres pueden tener sobre sus propias capacidades en asignaturas de ciencias.

#### 4.6. Limitaciones del estudio

Las debilidades que se pueden hacer convertido en limitaciones sobre las observaciones y resultados de este estudio de investigación educativa aplicada pueden estar determinadas por dos características de este estudio, una intrínseca, como es la edad de los participantes que supone en la gran mayoría estar en una etapa de reafirmación y cambio de la personalidad como es la *adolescencia*. Otra extrínseca; pero relacionada con la anterior es la selección de la muestra y sus características cuantitativa, una muestra amplia mejora los resultados de las pruebas estadísticas y, sobretodo, mejora la significación estadística.

La adolescencia supone una etapa compleja como saben muy bien los padres, educadores y profesionales porque se acumulan factores como el estrés, la ansiedad, cambios emocionales y de conducta que condicionan y/o determinan el aprendizaje y la enseñanza por falta de atención, motivación y desinterés por lo que procede y es conveniente en cualquier actividad que conlleva esfuerzo y dedicación como es el estudio y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La segunda puede haber condicionado y determinado los resultados de las pruebas y, específicamente, el análisis multivalente tipo anova. Dado que cuando se analiza la influencia de distintas variables epidemiológicas con significación estadística en el análisis bivariante sus resultados son mejores cuando la muestra es grande.

El equipo investigador y el doctorando somos conscientes de estas limitaciones y, por tanto, han estado presentes en el análisis y la valoración de los resultados de este estudio.



## **5. CONCLUSIONES**

### **Primera.-**

La metodología aplicada en este estudio de investigación sobre la enseñanza de la Física incrementa, de forma significativa, la activación del lóbulo frontal. Observación que pone de manifiesto la mejora de las funciones ejecutivas del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Segunda.-**

Cuando se realiza un alto seguimiento de la metodología propuesta en esta investigación educativa se produce una activación significativa del lóbulo frontal en los estudiantes adolescentes.

### **Tercera.-**

Dado que los procesos de inhibición son trascendentes como paso previo a realizar la labor de juzgar, la metodología de enseñanza-aprendizaje propuesta mejora el razonamiento lógico de los estudiantes adolescentes.

### **Cuarta.-**

Las motivaciones intrínsecas de los estudiantes adolescentes mejoran con la metodología utilizada y, además, se produce un descenso de las motivaciones extrínsecas. Observación de gran trascendencia en la adolescencia.

### **Quita.-**

El equilibrio emocional de los adolescentes mejora significativamente la activación del lóbulo frontal en la prueba de interferencia. Dicho equilibrio es fundamental en procesos de aprendizaje y se potencia favoreciendo que el adolescente sea protagonista de su propio aprendizaje.

#### **Sexta.-**

El nivel de formación e instrucción de los padres no influye en la capacidad de estudiar la física ni en la activación del lóbulo frontal. Esto puede deberse a que cuando se fomentan las motivaciones intrínsecas del alumnado se favorece la autonomía en el trabajo y, por tanto, en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

#### **Séptima.-**

No se ha observado un perfil de personalidad y/o de autoconcepto que favorezca o empeore la capacidad de autoaprendizaje. Por tanto, cualquier estudiante está en condiciones de aprender o desarrollar facultades ejecutivas. Todo depende del esfuerzo y la constancia que es lo que realmente mejora la plasticidad neuronal del cerebro.

#### **Octava.-**

La metodología favorece que haya mayor conciencia de uno mismo y su entorno, mayor interés por el conocimiento, mayor empatía, más sensibilidad hacia los demás y, mayor equilibrio emocional.





## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Aguirre, J. (1988). Students preconceptions about vectorial kinematics. *Phys. Teach.*, vol. 26, 212-216.
- Alarcón, G. C. (2017). Adolescent neural response to reward is related to participant sex and task motivation. *Brain and cognition*, 51-62.
- Alonso, M. (2003). Reflexiones sobre la enseñanza de la Física en el siglo XXI. *Revista Española de Física (REF)*, 5.
- Andrews-Hanna, J. R., Mackiewicz Seghete, K. L., Claus, e. D., Burgess, G. C., Ruzic, L., & Banich, M. T. (2011). Cognitive Control in Adolescence: Neural Underpinnings and Relation to Self-Report Behaviors. *PLoS ONE* 6(6): e21598. doi:10.1371/journal.pone.0021598.
- Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Barcelona: Universitat de València.
- Barbaranelli, C. C., Rabasca, A., del Barrio Gándara, V., Carrasco Ortiz, M. Á., & Holgado Tello, F. P. (2013). *BFQ-NA*. Madrid: TEA Ediciones, S.A.U.
- Bartley, J. E., Riedel, M. C., Salo, T., Boeving, E. R., Bottenhorn, K. L., Bravo, E. I., . . . Laird, A. R. (23 de Enero de 2019). *www.biorxiv.org*. Recuperado el 27 de Marzo de 2019, de Brain activity links performance in science reasoning with conceptual approach: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/526574v1>
- Bascones, L. C.-S. (Febrero de 2017). *11 de febrero*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de <https://11defebrero.org/>
- Belletier, C., Normand, A., & Huguet, P. (2019). Social-Facilitation-and\_impairment Effects: From Motivation to Cognition and the Social Brain. *Association for Psychological Science*, 1-6.
- Benesh, & Weiner. (1988). *Fritz Heider "notebooks" vol 3*. New York: Springer-Verlag.
- Bloom, B. (1964). *Stability and change in human characteristics*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bongwoo, L., & Heekyong, K. (2018). Trends of Research in Physics Education in Korea. *Journal of th Korean Physical Society*, Vol. 72, No. 12, pp. 1502-1507.
- Brizendine, L. (2006). *El cerebro femenino*. Barcelona: RBA.
- Brueckner, L., & Bond, G. L. (1981). *Diagnóstico y tratamiento de las dificultades de aprendizaje*. Madrid: Rialp.
- Caine, R., & Caine, G. (2003). *12 Brain/mind learning principles in action. The fieldbook for making connections, teaching and the human brain*. California, USA: Corwin Press.
- Carcavilla Castro, A., & Puey Bernués, M. L. (2019). Un modelo significativo microscópico para la enseñanza-aprendizaje de los circuitos de corriente continua. *Revista Española de Física*, vol.33, no.1, 32-36.
- Cardona, C. (2001). Ética del queacer educativo. En C. Cardona, *Ética del queacer educativo* (pág. 13). Madrid: Rialp.
- Carrasco, J. B. (2004). *Técnicas de aprendizaje*. Madrid: Rialp.
- Carrasco, J. B., & Javaloyes Soto, J. J. (2015). *Motivar para educar*. Madrid: Narcea.
- Carreras Béjar, C., Nacenta Torres, P., Pedro Mestre, J., & Alonso Sánchez, M. (2018). *El estado de la enseñanza de la Física en la Educación Secundaria*. Madrid: RSEF.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *Am. J. Phys.* vol. 50, 66-71.
- Corominas, F. (1993). *Educación hoy*. Madrid: Palabra.

- Damasio, A. J. (2003). *En busca de Spinoza: Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Destino.
- Diamond, M. S. (1997). Sex reassignment at birth: Long-term review and clinical implications. *Arch. Ped. Adolesc. Med* (5), 298-304.
- Docktor, J. L., Dornfeld, J., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., Jackson, K. A., . . . Yang, J. (2016). Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, vol. 12, Issue 1, 010130.
- Dunbar, K. N. (2009). The Biology of Physics: What The Brain Reveals About Our Understanding Of The Physical World. *Physical Review Physics Education Research*, vol. 1179, 15-18.
- Egner, T., & Hirsch, J. (2005). The neural correlates and functional integration of cognitive control in a stroop task. *Neuroimage*, 24 (2); 539-47.
- Entrevista a Gregorio Luri. (13 de Septiembre de 2015). *El Mundo*.
- Eyebiokin, K. (2016). *Influence of Misconceptions and Alternative Conceptions on Physics Students*. Ilorin, Kwara State. Nigeria: University of Ilorin.
- F.E. Jensen, A. E. (2015). *El cerebro adolescente*. RBA.
- Feder, D. J. (2018). *Resiliencia: cómo la mente supera las adversidades*. Madrid: Ediciones El País, S.L.
- Festinger, L. (1957). *Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford: Row, Peterson and Company.
- Feuerstein, R. F. (2015). *Changing minds and brains*. New York: Teachers College Press.
- G.León, O., & Montero, I. (2015). Acuerdo interjueces. En O. G.León, & I. Montero, *Métodos de investigación en Psicología y Educación* (pág. 89). Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L.
- Garaigordobil, M., & Durá, A. (2005). Neosexismo en adolescentes de 14 a 17 años: relaciones con autoconcepto-autoestima, personalidad, psicopatología, problemas de conducta y habilidades sociales. *Clínica y salud*, vol. 17, nº2, 127-149.
- García Hoz, V. (1988). *Tratado de educación personalizada*. Madrid: Rialp.
- García, F., & Musitu, G. (2014). *AF-5 Autoconcepto Forma 5*. Madrid: TEA Ediciones.
- Gardner, H. (1983). *Estructuras de la mente*. Nueva York: Basic Books.
- Gay, J. (2003). *Guía práctica de caraterología*. Pamplona: EDICIONES INTERNACIONALES UNIVERSITARIAS.
- Golden, C. (2005). *Test de colores y palabras (Stroop)*. Madrid: TEA Ediciones S.A.U.
- Hake, R. (1992). Socratic pedagogy in the introductory physics laboratory. *Phys. Teach.* vol. 33, 1-7.
- Harlow, H. F., Harlow, M. K., & Meyer, D. R. (1950). Learning motivated by manipulation drive. *Journal of Experimental Psychology*, 40, 228-234.
- Harris, D. (2019). *Report of school coaching visit*. Madrid: Newman.
- Heekyeong Park, F. L. (24 de October de 2014). *The formation of source memory under distraction*. Recuperado el 5 de junio de 2017, de <https://behavioralandbrainfunctions.biomedcentral.com/>: <https://behavioralandbrainfunctions.biomedcentral.com/articles/10.1186/1744-9081-10-40>
- Herrán, C. A. (2002). Didáctica, pedagogía, metodología, enseñanza, aprendizaje,...de la Física. *Revista española de Física* 16 (4), 8-11.

- Huguet, P., & Régner, I. (2009). Counter-stereotypic beliefs in math do not protect school girls from stereotype threat. *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 45, 1024-1027.
- Husnaini, S. J., & Chen, S. (2019). Effects on guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*.
- Jensen, F. N. (2015). *El cerebro adolescente*. Barcelona: RBA.
- Jiménez, J. (2019). El cine como herramienta metodológica en la asignatura de Física y Química en 4º de la ESO. Un estudio motivacional (Trabajo de Fin de Máster). Madrid, España: Universidad Francisco de Vitoria.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar deprisa, pensar despacio*. Nueva York: Debate.
- Koenig, K. M., Endrof, R. J., & Braun, G. A. (2007). Effectiveness of different tutorial recitation teaching methods and its implications for TA training. *Physical Review Physics Education Research*, vol 3, Issue 1, 010104.
- Komarraju, M., Karau, S. J., & Schmeck, R. R. (2009). Role of the Big Five personality traits in predicting college students' academic motivation and achievement. *Learning and Individual Differences (19)*, Elsevier, 47-52.
- Körhasan, N. D., & Hidir, M. (2019). How should textbook analogies be used in teaching physics? *Physical Review Physics Education Research*.
- Lawson, R., & McDermott, L. (1987). Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *Am. J. Phys.* vol. 55, 811-817.
- Levitin, D. (2006). *La música y tu cerebro*. Barcelona: RBA.
- Levitin, D. (s.f.). *Mi cerebro musical*, *National Geographic*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2017, de <https://youtu.be/eQGqNlevh2o>
- Lieb, K. (1 de Julio de 2018). La resiliencia puede entrenarse. (S. Ayan, Entrevistador)
- Lillian C, M., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter on Physics Education Research. *ERIC*, 1-18.
- Maries, A., Karim, N. I., & Singh, C. (2018). Is agreeing with a gender stereotype correlated with the performance of female students in introductory physics? *Physical Review Physics Education Research*.
- Maries, A., Karim, N. I., & Singh, C. (2018). Is agreeing with gender stereotype correlated with the performance of female students in introductory physics? *Physical Review Physics Education Research*.
- Martín Lobo, M. (2011). *Inteligencias múltiples: intereses y aficiones*. Madrid: San Pablo.
- Martín-Albo, J., Núñez, J. L., Navarro, J. G., & Grijalvo, F. (2007). The Rosenberg Self-Esteem Scale: Translation and Validation in University Students. *The Spanish Journal of Psychology*, vol.10, No.2, 458-467.
- masculiuno, E. c. (2010). *Brizendine, L*. Barcelona: RBA.
- Mason, R. A., & Just, M. A. (2016). Neural Representations of Physics Concepts. *Association for Psychological Science*, vol 27 (6), 904-913.
- McClelland, D. (1961). *The Achieving Society*. New Jersey: Princeton.
- Mendo Lázaro, S., León Del Barco, B., Polo Del Río, M. I., Yuste Tosina, R., & López Ramos, V. M. (2019). The Role of Parental Acceptance–Rejection in Emotional Instability During Adolescence. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, abril; 16 (7): 1194.
- Mina C. Johnson-Glenberg, M. M.-R.-R. (2016). Effects of Embodied Learning and Digital Platform on the Retention of Physics Content: Centripetal Force. *Frontiers in Psychology*.

- Montessori, M. (1986). *La mente absorbente del niño*. México: Diana.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación*. Madrid: cd.
- OECD. (2018). *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*. París: OECD Publishing.
- Ogilvie, C. A. (2009). Changes in students's problem-solving strategies in a course that includes context-rich, multifaceted problems. *Physical Review Physics Education Research*, vol. 5, Issue 2, 020102.
- Olson, D. (2006). *Family Adaptability and Cohesion Evaluation Scales- IV (FACES IV)*. Minneapolis, MN: Life Innovations, Inc. .
- Pardo, J. V., Pardo, P. J., Janer, K. W., & E. Raichle, M. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol 87, pp256-259.
- Pastor, Y., Balaguer, I., & García-Merita, M. L. (2003). Self-concept and self-esteem in middle adolescence: Differential analyses by grade and gender. *Revista de Psicología Social*, 18:2, 141-159.
- Petitto, L. D. (2004). New findings from Educational Neuroscience on Bilingual Brains, Scientific Brains, and the Educated Mind. *MBE/Harvard* (págs. 10-13). Cambridge: MBE/Harvard.
- Polaino-Lorente, A. C. (2003). Fundamentos de psicología de la personalidad. En A. C. Polaino-Lorente, *Fundamentos de psicología de la personalidad* (págs. 345-373, 408-443). Madrid: Rialp.
- Posner, M. I. (2009). Bridging Cognitive And Neural Aspects Of Classroom Learning. *Physics Review Physics Education Review*, vol 1179, 39-42.
- Purves, D. A. (2008). Neurociencia. En D. A. Purves, *Neurociencia* (págs. 617-678). Buenos Aires, Bogotá, Caracas, Madrid, México, Sao Paulo: Editorial Médica Manamericana.
- Purves, D. A. (2008). Sexo, sexualidad y encéfalo. En D. A. Purves, *Neurociencia* (págs. 787-810). Buenos Aires-Bogotá-Madrid-México-Sao Paulo: Editorial Médica Panamericana.
- Puy, A., Cabello, C., Martín, C., Ruiz, O., & Valeria, L. (2015). *Científicas en cifras 2015*. Madrid: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.
- Redding, S. (2000). *Familias y centros escolares*. Illinois: Internation Boureau of Education (IBE)-UNESCO.
- Redish, E. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Association of Physics Teachers*, 1.
- Redish, E. F. (2003). A Theoretical Framework for Physics Education Research: Modeling Student Thinking. *Proceedings of the International School of Physics, Part of the Research on Physics Education series* (págs. Vol. 156, 1-64). Varenna, Italy: IOS Press.
- Robinson, H. (1946). *Why pupils fail in reading*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rosenthal, R., & Jacobson, L. (1978). Interpersonal expectancy effects: The first 345 studies. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 377-386.
- S. Machado, C. P. (2008). Aprendizaje y memoria implícita: mecanismos y neuroplasticidad. *Revista de neurología*, 546.
- S.Peterson, B., Skudlarsky, P., Gatenby, C., Zhang, H., W.Anderson, A., & C. Gore, J. (1999). An fMRI Study os Stroop Word-Color Interference: Evidence for Cinguale Subregions Subserving Multiple Distributed Attencional Systems. *Society of Biological Psychiatry*, 1237-1258.

- Saleh, S. (2012). The effectiveness of the brain based teaching approach in enhancing scientific understanding of Newtonian Physics among form four students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 107-122.
- Saleh, S. (2011). The Effectiveness of the Brain-Based Teaching Approach in Generating Students' Learning Motivation Towards the Subject of Physics: A Qualitative Approach. *US-China Education Review*, 63-72.
- Sanmartín, O. R. (7 de Junio de 2017). *El Mundo*. Recuperado el 7 de Junio de 2017, de <http://www.elmundo.es/especiales/educacion/escuelas-publicas.html>
- Skinner, & F., B. (1957). *Verbal behavior*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Solano, F., Gil, J., & Suero, M. (2002). Misconceptions persistence on the electric circuits of direct current. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, vol. 24, no.4, 460-470.
- Song, Y., & Hakoda, Y. (2015). An fMRI study of the functional mechanisms of Stroop/revers-Stroop effects. *Behavioural Brain Research*, 187-196.
- Soto, G., Ferrándiz, C., Sáinz, M., Ferrando, M., Prieto, M. D., Bermejo, R., & Hernández, D. (2011). Características psicométricas del cuestionario de personalidad BFQ-NA (Big Five Questionnaire-Niños y Adolescentes). *Aula Abierta, ICE. Universidad de Oviedo*, vol 39, núm 1, pp 13-24.
- Stuss, D., Floden, D., Alexander, M., Levine, B., & Katz, D. (2001). Stroop performance in focal lesion patients: dissociation of processes and frontal lobe lesion location. *Neuropsychologia*, 771-786.
- Swaab, D. F. (2010). Somos nuestro cerebro. En D. F. Swaab, *Somos nuestro cerebro*. Plataforma editorial.
- Trowbridge, D., & McDermott, L. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *Am. J. Phys.* vol. 49, 242-253.
- Vandermosten, M. C. (2017). White matter pathways mediate parental effects on children's reading precursors. *Brain and Language*, 10-19.
- Vidal, F., Hamburger, J., & Mota, R. (2017). Ayuda a las tareas escolares. En F. Vidal, J. Hamburger, & R. Mota, *Informe Familia 2017. La modernidad de una sociedad familiar* (pág. 85). Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Vroom, V. (1964). *Work and motivation*. New York: John Wiley and Sons.
- Wasserstein, R. L., Schirm, A. L., & Lazar, N. A. (2019). Moving to a World Beyond "p < 0.05". *The American Statistician*, vol.73, no.S1, 1-19.
- Weibell, C. J. (4 de Julio de 2011). *Principles of learning*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2017, de <https://principlesoflearning.wordpress.com/dissertation/chapter-3-literature-review-2/the-human-perspective/achievement-motivation-atkinson-mcclelland-1953/>
- Wulff, P., Hazari, Z., Petersen, S., & Neumann, K. (2018). Engaging young women in physics: an intervention to support young women's physics identity development. *Physical Review Physics Education Research*.
- Zarnhofer S., B. V. (24 de Julio de 2013). *Behavioral and Brain Functions*. Recuperado el 11 de 11 de 2017, de Individual differences in solving arithmetic word problems.: <https://behavioralandbrainfunctions.biomedcentral.com/articles/10.1186/1744-9081-9-28>

## **7. ANEXOS**





## 7.1. Anexo I

**Consentimiento Informado** de las familias para la realización de las pruebas. En los centros de control se emplearon los nombres y logos de dichos centros y hoja de datos del grupo de control.

Estimados padres:

Desde el permanente interés que en el centro tenemos por mejorar nuestra labor educativa, solicitamos vuestro permiso para realizar una serie de encuestas a vuestros hijos que cursan la asignatura de Física y Química con el propósito de formar parte de un trabajo de investigación.

La autorización ha de entenderse condicionada al cumplimiento de los siguientes requisitos:

1.- Ninguna actividad realizada con este proyecto podrá interferir con el normal desenvolvimiento de la actividad docente y formativa del centro y habrá de atenerse a todo lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD).

2.- Los investigadores (profesores del departamento) se comprometen a que los datos se tratarán de manera agregada y anonimizada y con fines exclusivamente científicos, sin que se dé lugar a ninguna utilización de tipo comercial.

Por otro lado, hago constar que, siempre que se así lo estime, podrá ejercer su derecho de acceso, rectificación, cancelación y oposición relativo a este tratamiento, dirigiéndose, siempre por escrito, por cualquiera de los siguientes medios:

Correo electrónico: [secretaria@colegionewman.org](mailto:secretaria@colegionewman.org)

Carta ordinaria: Colegio J.H. Newman, c/ Avda Guadalajara, 228-32, CP 28032, Madrid

En Madrid, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018

Firma del padre/madre/tutor.

Firma del alumno/a.

CÓDIGO:

---

Redondea lo que corresponda:

EDAD:        14      15      16      17      18

CURSO:       3°ESO            4°ESO            1°bachillerato 2°bachillerato

SEXO:        V      M

---

HE REPETIDO ALGUNA VEZ:        SÍ    NO

TENGO ALGUNA ASIGNATURA PENDIENTE DE OTROS CURSOS:

SÍ    NO

TENGO ALGUNA DIFICULTAD DIAGNOSTICADA EN EL APRENDIZAJE:

SÍ    NO

Indica cuál en caso afirmativo:

- a. TDA
- b. TDAH
- c. TEL
- d. DISLEXIA
- e. CEGUERA
- f. SORDERA
- g. OTRAS

## 7.2. Anexo II

ANOVA con las variables AF5\_Dimensión física, AF5\_Dimensión familiar, Puntuación metodología total, AF5\_Dimensión emocional, AF5\_Dimensión social, AF5\_Dimensión académica

### Variables entradas/eliminadas<sup>a</sup>

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	AF5_Dimensión física, AF5_Dimensión familiar, Puntuación metodología total (sobre 10), AF5_Dimensión emocional, AF5_Dimensión social, AF5_Dimensión académica <sup>b</sup>		Intro

a. Variable dependiente: Interferencia stroop

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

### Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,354 <sup>a</sup>	,125	,041	7,84381

a. Predictores: (Constante), AF5\_Dimensión física, AF5\_Dimensión familiar, Puntuación metodología total (sobre 10), AF5\_Dimensión emocional, AF5\_Dimensión social, AF5\_Dimensión académica

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	546,744	6	91,124	1,481	,199 <sup>b</sup>
	Residuo	3814,567	62	61,525		

Total	4361,312	68		
-------	----------	----	--	--

a. Variable dependiente: Interferencia stroop

b. Predictores: (Constante), AF5\_Dimensión física, AF5\_Dimensión familiar, Puntuación metodología total (sobre 10), AF5\_Dimensión emocional, AF5\_Dimensión social, AF5\_Dimensión académica

### Coeficientes<sup>a</sup>

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-1,237	8,581		-,144	,886
	Puntuación metodología total (sobre 10)	-,020	1,065	-,003	-,018	,985
	AF5_Dimensión académica	-,176	,759	-,036	-,231	,818
	AF5_Dimensión social	-,623	,734	-,116	-,849	,399
	AF5_Dimensión emocional	1,254	,581	,274	2,156	,035
	AF5_Dimensión familiar	,144	,666	,029	,217	,829
	AF5_Dimensión física	1,035	,679	,215	1,524	,133

a. Variable dependiente: Interferencia stroop