

Adecuación de recursos instruccionales en ciencias a las preferencias sensoriales del alumnado: un estudio exploratorio en enseñanza secundaria

Enric Ortega Torres¹, Joan Josep Solaz-Portolés², Vicente Sanjosé López³

Recibido: Septiembre 2019 / Evaluado: Mayo 2020 / Aceptado: Junio 2020

Resumen. Introducción: Se ha probado que el aprendizaje mejora cuando los materiales y métodos de enseñanza toman en consideración rasgos individuales diferenciales de cada estudiante. El modelo VARK se ha propuesto para dar cuenta de esas diferencias en lo que respecta a las preferencias o facilidades que cada alumno tiene para aprender a través de un canal sensorial u otro. El objetivo principal del presente trabajo fue determinar el grado de adecuación de los recursos instruccionales que se utilizan en ciencias a las preferencias sensoriales del alumnado de enseñanza secundaria.

Método: Se administró el cuestionario VARK, que permite identificar las preferencias sensoriales, a una muestra de 561 estudiantes de diferentes cursos de enseñanza secundaria. Se determinaron los materiales y recursos instruccionales que más se emplean en las aulas de ciencias y se evaluaron los canales sensoriales implicados en dichos materiales y recursos. Se comparó la presencia de preferencias sensoriales VARK en los alumnos con los canales sensoriales involucrados en los recursos instruccionales ofertados en ciencias.

Resultados: Los hallazgos sugieren que hay un exceso de oferta del canal V (visual) pero un defecto de oferta del canal K (cinestésico), siempre en relación con su presencia respectiva en las preferencias de los estudiantes.

Discusión: El desequilibrio encontrado en el canal K, que está muy implicado en actividades propias de la ciencia (actividades prácticas) podría ser una de las causas de los bajos rendimientos en las asignaturas científicas.

Palabras clave: enseñanza secundaria; educación científica; medios de enseñanza; características individuales

[en] Adequacy of science instructional resources to students' sensory preferences: An exploratory study in secondary education

Abstract. Introduction: Learning has been proven to improve when teaching materials and methods take into account students' individual differential traits. The VARK model has been proposed to account for these differences in terms of the preferences or facilities that each student has to learn through one sensory channel or another. The main goal of the present study was to assess the degree of adequacy of science instructional resources to secondary students' sensory preferences.

Method: The VARK questionnaire was administered to 561 students across several grade levels to identify their sensory preferences. The most commonly used materials and resources in the science classroom were ascertained and the sensory channels involved in those materials and resources were examined. The students' sensory preferences using VARK questionnaire were compared with the sensory channels offered in scientific education.

Results: The outcomes suggest that there is an oversupply of the visual (V) channel, but a supply deficit of the kinesthetic (K) channel, always in relation to presence in the respective preferences of students.

Discussion: The imbalance found in the kinesthetic (K) channel, which is heavily involved in activities closely related to science (experimental, hands-on activities), may be one of the causes of low-performance in scientific subjects.

Keywords: secondary education; science education; teaching aid; individual characteristics

Sumario. 1. Introducción. 2. Marco teórico. 3. Preguntas de investigación. 4. Metodología. 5. Resultados y discusión. 6. Conclusiones e implicaciones didácticas. 7. Referencias bibliográficas.

Cómo citar: Ortega Torres, E. Solaz-Portolés, J. J. Sanjosé López, V. (2020). Adecuación de recursos instruccionales en ciencias a las preferencias sensoriales del alumnado: un estudio exploratorio en enseñanza secundaria. *Revista Complutense de Educación*, 31(4), 473-484.

¹ Universitat de València/Florida Universitaria (España)
Email: Enric.Ortega@uv.es

² Universitat de València (España)
Email: Joan.Solaz@uv.es

³ Universitat de València (España)
Email: Vicente.Sanjose@uv.es

1. Introducción

Diversos estudios muestran que se aprende de forma más eficiente cuando la instrucción se adapta⁴ a las diferencias individuales de los aprendices (Assar & Franzoni, 2009; Ford & Chen, 2001; McLoughlin, 1999; Sadler-Smith & Smith, 2004; Siegelman, Bogaerts, Christiansen & Frost, 2017). Sobre la premisa de la eficacia de la enseñanza adaptada, se han elaborado diferentes propuestas instruccionales, como Aprendizaje Personalizado (Wong, Vuong & Liu, 2017), Adaptative Learning (Oxman & Wong, 2014) o Differentiated Instruction (Hall, 2002), o e-Learning (Salvat, 2018), que han mostrado su eficacia en distintos contextos educativos (Klašnja-Miličević, Vesin, Ivanović & Budimac, 2011; Subban, 2006; Yang, Hwang & Yang, 2013).

Adaptar bien la enseñanza requiere conocimiento sobre diferencias entre personas, en especial sobre diferencias en los “modos de aprender” (Zaina & Bressan, 2008). Un constructo psicológico intenta determinar esos modos característicos de aprender es el “Estilo de Aprendizaje” (Cassidy, 2004). A pesar de que se ha puesto en duda la existencia de los Estilos de Aprendizaje como constructo psicológico (Dekker, Lee, Howard-Jones & Jolles, 2012; Willingham, Hughes & Dobolyi, 2015), hay algunas pruebas de que el rendimiento del alumnado aumenta éstos se toman en consideración en la enseñanza (Akbulut & Cardak, 2012; Muir, 2001; Hsieh, Jang, Hwang & Chen, 2011).

Uno de los modelos sobre Estilos de Aprendizaje es el VARK, elaborado por Fleming y Mills (1992; Fleming 2006) a partir de declaraciones de estudiantes sobre su facilidad o dificultad para procesar información en diferentes formatos, visual, auditivo, textual o cinestésico, o su combinación. Este modelo determina las preferencias sensoriales de cada persona hacia determinados formatos de información. La existencia de diferencias en el aprendizaje debidas a la modalidad de los estímulos visuales, auditivos o táctiles, que es la base del modelo VARK, ha sido bien establecida en estudios de neurociencia (ver referencias en Conway & Christiansen, 2005). Los estudios de inteligencia artificial toman en cuenta diferencias de modalidad en el procesamiento de la información del ambiente (Frost, Armstrong, Siegelman & Christiansen, 2015) que han sido apoyadas por la investigación neurobiológica del cerebro (Conway, 2020).

No es de interés en este trabajo defender o refutar la consideración del VARK como estilo de aprendizaje, sino aprovechar de modo pragmático su potencial para una posible acomodación de los recursos y materiales de instrucción para aumentar la eficacia de la enseñanza en las aulas de ciencias (Fleming & Baume, 2006). Recientemente, el uso pragmático de los estilos de aprendizaje está cobrando interés, dadas las posibilidades de personalización que ofrecen los entornos modernos de aprendizaje basados en las TIC (Balasubramanian & Margret-Anuncia, 2018; Huang, Ling & Huang, 2012, 2012; Labib, Canós & Penadés, 2017; Tsortanidou, Karagiannidis & Koumpis, 2017; Vandewaetere, Desmet & Clarebout, 2011).

En el área de las ciencias experimentales no se encuentran muchos trabajos sobre adecuación de la instrucción a los estilos de aprendizaje, especialmente dentro de la enseñanza secundaria. El propósito del presente trabajo es, precisamente, ofrecer una primera evaluación de la adecuación de los recursos instruccionales que se ofrecen usualmente en las aulas de ciencias a las preferencias sensoriales, o preferencias sobre el formato del *input* de información, del alumnado de enseñanza secundaria. Dichas preferencias se determinarán con el modelo VARK.

1.1. El modelo VARK: las preferencias sensoriales del alumnado

En el modelo VARK, la preferencia sensorial (PS en adelante) de una persona se puede definir como el conjunto de canales sensoriales a través de los cuales esa persona procesa mejor la información suministrada. El modelo postula la existencia de cuatro canales sensoriales básicos cuya combinación específica resulta en una u otra PS individual: Visual (V), Auditivo (A), Lecto-Escritura (R) y Cinestésico (K). Estos cuatro canales se pueden definir por las preferencias particulares de ciertos materiales de aprendizaje:

- V: Preferencia por información en forma de tablas, gráficas, diagramas, dibujos, esquemas, y todas las posibilidades audiovisuales de las TIC.
- A: Preferencia por explicaciones, dictados, narraciones, discusiones, argumentaciones, en voz alta.
- R: Preferencia por información en forma de textos, notas, libros, apuntes, webs, etc.
- K: De acuerdo con la definición de Fleming y Mills, (1992, pp. 140-141)⁵, las personas que con esta modalidad están conectadas con la realidad “a través de experiencias personales, ejemplos y práctica”. Se asocia con preferencias por las demostraciones, simulaciones, videos y películas de temas reales, así como estudio de casos y aplicaciones prácticas. La clave es el realismo o la naturaleza concreta de los ejemplos: la persona prefiere aprender haciendo algo; interaccionando con la realidad.

⁴ La adaptación no debe entenderse como una supeditación de la enseñanza al criterio individual del alumnado, sino como un intento de optimizar el aprendizaje superando, en lo posible, limitaciones que cada persona puede mostrar. Con todo, la educación (también en ciencias) implica la socialización de las personas y, por tanto, la adquisición de competencias comunes y aceptadas como deseables, para el ciudadano como individuo, y para la sociedad en la que se encuentra inmerso. Adaptar recursos a las diferencias individuales debería facilitar la adquisición de dichas competencias comunes.

⁵ Puede consultarse también la página web: <https://vark-learn.com/introduction-to-vark/the-vark-modalities/>

Existen quince posibles PS, resultado de combinaciones de esos canales básicos (4 unimodales, 6 bimodales, 4 trimodales y 1 tetramodal). Fleming y Mills (1992) propusieron un instrumento, el cuestionario VARK, con el que se obtiene un perfil de PS de cada estudiante. El cuestionario ha sido analizado en estudios que confirmaron su estructura factorial (Leite, Svinicki & Shi, 2010), la validez interna de sus 4 escalas (Fitkov-Norris & Yeghiazarian, 2015), y la estabilidad de las puntuaciones en sus 4 escalas (Ortega, 2019).

Los estudios que evalúan las preferencias sensoriales de los alumnos se han desarrollado sobre todo con universitarios (Awang, Samad, Faiz, Roddin & Kankia, 2017), y menos frecuentemente en enseñanza secundaria (Lau, Yuen & Chan, 2015; Velásquez, Ortiz & Rodríguez, 2016). La conclusión más repetida es que la mayoría de estudiantes manifiestan preferencias multimodales y, por tanto, los profesores deberían ofrecer materiales y recursos instruccionales con variados formatos.

Algunos estudios han utilizado este modelo VARK para adaptar la instrucción a las preferencias sensoriales de los estudiantes. Díaz, Rubilar, Figueroa y Silva (2018) evaluaron las preferencias sensoriales de una muestra de estudiantes de ingeniería. La distribución de las PS se utilizó para diseñar versiones de formato distinto de cursos online adaptadas a los estudiantes con preferencias R, A y K. Comparando pre- y posttest, todos los estudiantes obtuvieron mejoras. Los autores reportaron también dispersiones más bajas que en cursos anteriores y una disminución en los abandonos en el curso gracias a las adaptaciones. Kharb, Samanta, Jindal y Singh (2013) observaron una correlación significativa entre las PS de los participantes en la investigación y su rendimiento en actividades de aprendizaje según su tipología: el canal K se vinculó más con un buen rendimiento en actividades prácticas, manipulativas; V con aprendizaje y tareas basadas en clases magistrales; A con tutoriales; y R con el estudio autónomo.

1.2. Preguntas de investigación

Un desencuentro entre los canales sensoriales implicados en los recursos ofrecidos y en las preferencias sensoriales de los estudiantes podría resultar en una instrucción menos eficaz de lo posible, con independencia de la cantidad de trabajo desarrollada por el docente. Se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es la distribución de preferencias sensoriales VARK del alumnado de enseñanza secundaria?
2. ¿Cuál es la presencia de los canales V, A, R, y K en los recursos instruccionales más frecuentemente utilizados en las aulas de ciencias?
3. ¿Se ajusta la oferta de canales sensoriales implicados en recursos frecuentes en ciencias, a las preferencias sensoriales del alumnado de enseñanza secundaria?

2. Método

Este trabajo es de carácter exploratorio y cuantitativo.

2.1. Participantes

En la primera parte del estudio participó un total de 561 alumnos de 1º, 2º, 3º y 4º de ESO, y de 1º de Bachillerato de ciencias, La Tabla 1 muestra su distribución por sexo, curso y edad.

Tabla 1. Distribución de alumnado participante en el estudio

	N (%)	Edad promedio (años)	Porcentaje Chicas
1º ESO	130 (23,2%)	12,7	45
2º ESO	134 (23,9%)	13,4	44
3º ESO	82 (14,6%)	14,2	46
4º ESO	132 (23,5%)	15,1	46
1º BACH	83 (14,8%)	16,5	37
Total	561 (100%)	14,2	44

La muestra fue de conveniencia, accesible, aunque sin selección. Por tanto, no se dan las circunstancias para generalizar los resultados que se puedan obtener. El alumnado pertenecía a grupos intactos en siete centros educativos distintos de titularidad pública, privada-cooperativa y privada-religiosa. Todos estos centros están en distintas poblaciones y barrios de extracto socioeconómico medio alrededor de una gran ciudad española. Las orientaciones pedagógicas generales son variadas: los centros privados cooperativos basan sus actividades en el trabajo colaborativo por proyectos emprendedores, con implicación del profesorado en labores de diseño y guía. En los centros públicos

y privados-religiosos se muestran orientaciones mixtas, con presencia de modelos trasmisivo-receptivos, pero con tratamientos ocasionales que pueden considerarse de descubrimiento guiado.

En la segunda parte del estudio, dedicada a las preguntas de investigación 2 y 3, participó una submuestra de 57 alumnos y alumnas, tomada de la muestra anterior. Esta submuestra se seleccionó al azar pero respetando los siguientes criterios: (1) Representación adecuada del género y del curso; (2) Voluntad de colaboración sin recompensas; (3) Rendimiento en ciencias ni muy elevado ni muy bajo.

Además, cuatro profesores expertos, tres hombres y una mujer, con más de 10 años de experiencia docente fueron consultados y accedieron a colaborar en algunas tareas de la investigación suministrando datos y criterios. Trabajaban en dos centros diferentes de titularidad privada. Dos eran físicos, una química y uno biólogo.

2.2. Instrumentos y tareas

Cuestionario VARK

Se utilizó la versión del cuestionario VARK de 13 ítems traducida al castellano. Son ítems de opción múltiple, cuyo enunciado es siempre una situación de la vida diaria para la que se pide un modo de actuar o una preferencia. Se puede escoger una, dos, tres o cuatro opciones para recoger bien la postura personal. Las opciones de respuesta se asocian con cada canal V, A R o K, y al final el instrumento produce cuatro puntuaciones o *scores*, junto con el total de opciones escogidas (que puede ser superior al número de ítems y varía de persona a persona). Fleming (2006) describió cómo obtener la PS de cada persona a partir de la composición de esas puntuaciones con un procedimiento particular (puede verse un resumen en <http://mercury.educ.kent.edu/database/eureka/documents/LearningStylesInventory.pdf>).

Canales sensoriales implicados en los recursos didácticos

Cuatro profesores expertos de ciencias de secundaria elaboraron sendos listados de recursos, actividades o materiales instruccionales independientemente. Los cuatro listados fueron combinados en un listado único que, de forma recursiva, se devolvió a los profesores expertos para que hicieran los cambios que considerasen oportunos. La Tabla 2 muestra el listado resultante, que se usó después para obtener información de los participantes.

Tabla 2. Listado de recursos y materiales instruccionales que pueden ser usados en las clases de ciencias, ordenado alfabéticamente.

Apuntes Elaborados por Profesor
Charlas Conferencias de Expertos
Cuestionarios Online
Debates Temáticos
Demostraciones Experimentales en el Aula
Examen en Papel
Explicación Magistral con Anotaciones en la Pizarra
Exposición de Trabajos por parte del Alumnado
Lectura Artículos de Prensa
Lecturas Divulgativas
Libro de Texto
Películas
Podcast de Radio
Prácticas en el Laboratorio ⁶
Preguntas Abiertas
Recursos Digitales con Ordenador de los Alumnos
Resolución de Problemas en el Cuaderno del Alumno
Salidas Didácticas Fuera del Centro
Trabajo Fuera del Aula dentro del Centro
Video

A cada estudiante de la submuestra se le pidió realizar dos acciones en cada ítem del listado (Tabla 2):

⁶ En algunos centros, el laboratorio está físicamente situado en la propia aula, ya que la actividad experimental no necesariamente requiere un espacio específico.

- a) Asignar uno o más canales sensoriales V, A, R, K, según la implicación percibida en cada recurso.
- b) Determinar la frecuencia de uso en ciencias, considerando dos niveles: poco uso (P) o uso frecuente (M).

2.3. Procedimiento de obtención y análisis de datos

Cuestionario VARK

El cuestionario VARK se administró individualmente a la muestra completa. Se prepararon instrucciones que contenían: a) el significado de las preferencias sensoriales y de los cuatro modos básicos V, A, R y K; b) la posibilidad de elegir una, dos, tres o todas las opciones de respuesta proporcionadas en cada ítem; y c) la necesidad de leer atentamente cada ítem y responder con total sinceridad. Las instrucciones fueron leídas en voz alta y las dudas fueron resueltas antes de comenzar con el cuestionario. Todos los estudiantes finalizaron en menos de 40 minutos.

Asignación de canales sensoriales a recursos y frecuencia en el aula

Unas semanas después, el listado de recursos instruccionales (Tabla 2) se administró a la submuestra de participantes para la asignación de canales sensoriales y frecuencia de uso en ciencias. El alumnado seleccionado fue llevado a un aula aparte, donde realizó la tarea individualmente. Las instrucciones específicas incluyeron: a) el recuerdo del significado de cada uno de los canales VARK básicos, que los participantes ya conocían por haber participado en el estudio descriptivo previo; y b) el recuerdo de que a cada recurso del listado podría asignarse uno, dos, tres o los cuatro canales básicos V, A, R y K. En todos los casos el tiempo de cumplimentación fue menor de 20 minutos.

Dos profesores asignaron también los canales VARK a los recursos listados en la Tabla 2 de forma independiente. Luego se comparó con la realizada por el alumnado.

Para el análisis de los datos se procedió del modo siguiente:

Primero se siguieron las instrucciones del cuestionario para obtener la PS de cada participante. Segundo, cada decisión (asignar o no asignar un canal a cada recurso) tiene asociada una probabilidad al azar del 50%. Además, cada canal puede asignarse, o no, a un recurso con independencia del resto de canales. De acuerdo con la distribución binomial, dado que hay un total de 57 participantes, si un canal obtuviese 34 o más asignaciones a un recurso, se consideraría significativamente vinculado con el recurso en cuestión con un nivel de confianza del 95% ($p < .05$).

Las categorizaciones de los estudiantes, “uso frecuente” o “poco uso”, de cada uno de los 20 recursos listados, fueron procesadas para obtener un coeficiente de ponderación que diera cuenta de su presencia relativa en las aulas. El cálculo de los coeficientes de ponderación siguió el siguiente proceso. Primero, sólo se contabilizaron los recursos marcados como de uso frecuente por cada estudiante para evitar la consideración de recursos poco relevantes. Luego se normalizó el cómputo para cada estudiante dividiendo por el número total de recursos marcados como frecuentes. Dado que el tiempo curricular dedicado a las ciencias en cada curso es el mismo, es obvio que los recursos deben repartir su presencia en las aulas. Así, por ejemplo, si un alumno marca 5 recursos como frecuentes, cada uno de estos recursos tendrá 1/5 del tiempo; si otro alumno marca 2 recursos, dichos recursos tendrán 1/2 del tiempo. Después, para cada recurso los cómputos ya normalizados fueron promediados para todos los participantes. Los valores obtenidos son los factores de ponderación de cada recurso que representan su presencia relativa en las aulas, a juicio de los participantes. La suma de los 20 factores de ponderación es 1.

Los factores de ponderación obtenidos de esta forma suponen una primera aproximación o estimación de la presencia relativa de los recursos en las aulas de ciencias, ya que no se obtuvo información directa sobre tiempo de uso de cada recurso.

El coeficiente *kappa* de Cohen se utilizó para valorar el grado de acuerdo de distintos jueces en las asignaciones de canales sensoriales a recursos, eliminado el efecto del puro azar. Además de la distribución binomial ya mencionada, se utilizó la estadística de diferencia de proporciones cuando fue necesario.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos se agrupan según las preguntas de investigación formuladas.

3.1. Distribución de preferencias sensoriales en el alumnado de enseñanza secundaria

La Tabla 3 muestra la distribución de PS y la presencia de cada canal VARK en la amplia muestra de estudiantes. La suma de los porcentajes de la Tabla 3 no es 100, ya que la PS de cada alumno puede contener más de un canal sensorial.

Tabla 3. Porcentaje de participantes con cada preferencia sensorial, y cantidad (y porcentaje promedio) de estudiantes vinculados con cada uno de los canales.

Preferencia Sensorial VARK	Porcentaje	Número de sujetos (N= 561)			
		V	A	R	K
V	1.2	7	0	0	0
A	9.1	0	51	0	0
R	3.4	0	0	19	0
K	21.6	0	0	0	121
AK	20.1	0	113	0	113
ARK	14.1	0	79	79	79
VARK	7.7	43	43	43	43
VAK	7.0	39	39	0	39
RK	5.0	0	0	28	28
AR	4.1	0	23	23	0
VK	3.0	17	0	0	17
VRK	2.1	12	0	12	12
VA	0.7	4	4	0	0
VAR	0.5	3	3	3	0
VR	0.4	2	0	2	0
Totales	100.0	127 (23%)	355 (63%)	209 (37%)	452 (81%)

Las PS más abundantes entre el alumnado participante fueron K (21.6%), AK (20.1%), ARK (14.1%), A (9.1%), VARK (7.7%) y VAK (6.9%). Estas 6 preferencias acumularon alrededor del 80% del alumnado. En los estudios de Urval *et al.* (2014) y de Prithishkumar y Michael (2014) AK y ARK fueron también las PS más frecuentes.

Dos tercios de alumnos mostraron preferencias multimodales (64,7%). Porcentajes similares de estudiantes multimodales reportaron Lujan y DiCarlo (2006), Urval *et al.* (2014) y Kharb *et al.* (2013) con estudiantes de medicina. Un porcentaje ligeramente menor obtuvo Breckler *et al.* (2009) en estudiantes de fisiología humana (60%). Ponce y Mora (2016) obtuvieron un porcentaje algo mayor (71%) en futuros maestros.

En el presente estudio, el canal sensorial presente en una mayor proporción de estudiantes, 81%, fue el Cinestésico (K), seguido del Auditivo (A) en el 63% de participantes. El canal K fue también el más frecuente en los estudios de Luján y DiCarlo (2006), de Saadi, Alharbi y Watt (2013) con estudiantes de enseñanza secundaria, de Leasa *et al.* (2016) con estudiantes de 6º grado, en el de Awang *et al.* (2017) con estudiantes de negocios internacionales, y en el de Kharb *et al.* (2013) con estudiantes de medicina. Usando otro modelo distinto al VARK, Rahadian y Budiningsih (2018) obtuvieron también un alto porcentaje de estudiantes “activos” en enseñanza secundaria, cuyas características se asemejan a las que se asocian al canal K.

3.2. Presencia percibida de los canales sensoriales en los recursos ofrecidos en las clases de ciencias

Asignación de canales sensoriales a los recursos instruccionales

El acuerdo entre los dos expertos fue muy bueno en la asignación de cada canal, con valores kappa entre .79 (canal A) y 1.0 (K). Los pocos desacuerdos fueron resueltos por discusión.

La Tabla 4 muestra las asignaciones y los canales significativamente asociados con cada recurso instruccional.

Tabla 4. Vinculación significativa de canales sensoriales a recursos instruccionales en ciencias.

Recursos	Número asignaciones				Canales vinculados	
	Alumnado				Alum.	Prof.
	V	A	R	K	(p<.05)	
Exposición de Trabajos por parte del Alumnado	46	45	17	22	VA	VA
Apuntes Elaborados por Profesor	40	21	36	11	VR	VR
Explicación Magistral con Anotaciones en la Pizarra	48	27	29	9	V	VAR
Recursos Digitales con Ordenador de los Alumnos	48	18	29	11	V	VAR
Cuestionarios Online	39	6	39	3	VR	R
Examen en Papel	21	6	49	2	R	R
Video	53	42	1	8	VA	VA
Preguntas Abiertas	12	39	17	9	A	A

Recursos	Número asignaciones				Canales vinculados	
	Alumnado				Alum.	Prof.
	V	A	R	K	(p<.05)	
Resolución de Problemas en el Cuaderno del Alumno	20	9	41	8	R	R
Debates Temáticos	21	50	7	17	A	A
Lecturas Divulgativas	21	21	39	4	R	R
Demostraciones Experimentales en el Aula	37	23	8	36	VK	VK
Películas	54	39	1	7	VA	VA
Charlas Conferencias de Expertos	31	49	6	16	A	VA
Lectura Artículos de Prensa	25	8	43	2	R	R
Trabajo Fuera del Aula dentro del Centro	31	21	17	33	K(*)	AK
Salidas Didácticas Fuera del Centro	40	30	5	34	VK	VAK
Libro de Texto	31	16	39	3	VR	VR
Prácticas en el Laboratorio	39	15	4	46	VK	VK
Podcast de Radio	6	54	4	1	A	A

(*) p=. 09 en esta vinculación

Las asignaciones de profesores por un lado, y del alumnado por el otro, alcanzaron un nivel de acuerdo alto excepto en el canal A, donde fue moderado. Los valores *kappa* fueron: .80 (V); .61 (A); .79 (R) y 1.00 (K). Las diferencias entre alumnado y expertos se centraron en 6 recursos: “Explicación magistral con anotaciones en la pizarra” (Alumnos: V; Expertos: VAR); “Cuestionarios online” (Alumnos: VR; Expertos: R); “Recursos digitales en ordenador” (Alumnos: V; Expertos: VAR); “Conferencias de expertos” (Alumnos: A; Expertos: VA); “Salidas didácticas fuera del Centro” (Alumnos: VK; Expertos: VAK); “Trabajo Fuera del Aula dentro del Centro” (Alumnos: K; Expertos: AK).

Los resultados obtenidos a partir de la asignación de estudiantes y expertos guardan similitud con la asignación de Fleming (2006) que aparece analizada en el estudio de Hawk y Shah (2007).

Frecuencia percibida de uso de recursos instruccionales

Se detectaron diferencias importantes en los juicios de los estudiantes. En algunos casos se llegaron a determinar hasta 14 de los 20 recursos listados como “frecuentes”, en tanto que en otros casos únicamente 5 recursos se consideraron así. Esta gran variabilidad se corrigió con la normalización inicial realizada para cada participante antes de calcular los coeficientes de ponderación de cada recurso. La Tabla 5 muestra los recursos, el porcentaje de alumnos que marcó cada uno como frecuente y los factores de ponderación obtenidos.

Tabla 5 Recursos, porcentaje de alumnos que los perciben como de uso frecuente, y factor de ponderación para estimar el tiempo relativo de presencia en las aulas de ciencias.

Recurso	Muy frecuente (% alumnos)	Factor de ponderación
Exposición de Trabajos por parte del Alumnado	93.0	.100
Apuntes Elaborados por Profesor	84.2	.088
Explicación Magistral con Anotaciones en la Pizarra	84,2	.087
Recursos Digitales con Ordenador de los Alumnos	80.7	.082
Cuestionarios Online	75.4	.077
Examen en Papel	71.9	.072
Video	68.4	.066
Preguntas Abiertas	66.7	.062
Resolución de Problemas en el Cuaderno del Alumno	59.6	.057
Debates Temáticos	56.1	.050
Lecturas Divulgativas	47.4	.045
Demostraciones Experimentales en el Aula	43.9	.045
Películas	43.8	.037
Charlas Conferencias de Expertos	40.4	.035
Lectura Artículos de Prensa	28.1	.029
Trabajo Fuera del Aula dentro del Centro	24.6	.024
Salidas Didácticas Fuera del Centro	19.3	.017
Libro de Texto	15.8	.016
Prácticas en el Laboratorio	8.8	.009
Podcast de Radio	.0	.000
		Suma: 1.000

“Exposición de trabajos del alumno”, “Apuntes del profesor”, “Explicación magistral en pizarra” y “Recursos digitales con ordenador” y los cuestionarios en papel o bien online fueron señalados como de uso frecuente por más del 70% de participantes.

Finalmente, se combinaron las vinculaciones hechas por estudiantes de canales a recursos de la Tabla 4, con las ponderaciones de frecuencia mostradas en la Tabla 5 para obtener un indicador de la percepción de presencia relativa de cada canal sensorial VARK en las aulas de ciencias. El resultado se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Proporción de tiempo de presencia en el aula de ciencias de cada canal sensorial implicado en recursos instruccionales.

V	A	R	K
.62	.35	.37	.10

La suma de estas proporciones no es 1, ya que cada recurso puede tener vinculado más de un canal sensorial, tal y como se aprecia en la Tabla 4.

En diversos estudios se reportaron datos similares sobre la presencia de recursos en las aulas de ciencias. Wang, Wang y Ye (2002), en un amplio estudio longitudinal en enseñanzas primaria y secundaria en USA, encontraron que sólo el 31% de profesores utilizaba recursos distintos de textos o materiales audiovisuales. Las actividades experimentales en ciencias, eran poco frecuentes. En España, García-Barros y Martínez-Losada (2001) realizaron un revelador estudio sobre prácticas docentes en ciencias de maestros de educación primaria. Porcentajes bajos de maestros declararon utilizar los recursos con finalidades como emitir hipótesis (21%), diseñar experimentos (13%), construcción de montajes (6%), interacción con instrumentos de medida (12%), o ejecución de técnicas experimentales (12%). En un estudio sobre datos y resultados en ciencias del estudio TIMSS, y a partir de una gran muestra de alumnado y profesorado español de 4º curso de ESO, Gil-Flores (2014) encontró que muy pocos profesores ofrecen con frecuencia actividades como diseñar investigaciones (9%), llevarlas a cabo (7%), o hacer trabajo de campo fuera de clase (12%). Sin embargo, 94% de profesores declararon frecuente ofrecer explicaciones (elaboradas) a los estudiantes, y el 74% hacerles leer el libro de texto. Cantó, de Pro y Solbes (2016) estudiaron el modo en que las maestras de educación infantil abordan la educación científica. Encontraron que persisten ciertas prácticas tradicionales (libros, fichas) y que hay poca presencia de experimentos, experiencias de interacción con la realidad natural, y rincones específicos para la ciencia. Recientemente, Ayiema, Mwoma y Ouko (2019) encontraron que los profesores de educación infantil en Kenia usan poco los recursos que implican objetos reales y modelos en sus clases de ciencias (30%), pero mucho los que implican formato visual (más del 80%) o textos (100%). Resultados cualitativamente similares se obtuvieron en la universidad (Durham, Knight & Couch, 2017).

3.3. Comparación entre preferencias sensoriales del alumnado y presencia de canales sensoriales en la oferta instruccional

La comparación de las proporciones de las Tablas 3 y 6 proporciona una aproximación (por tanto, no una valoración rigurosa) del ajuste entre “oferta” y “demanda” implícita del alumnado en lo que se refiere a los canales sensoriales (formatos) implicados en los recursos instruccionales. La comparación se muestra en la Figura 1.

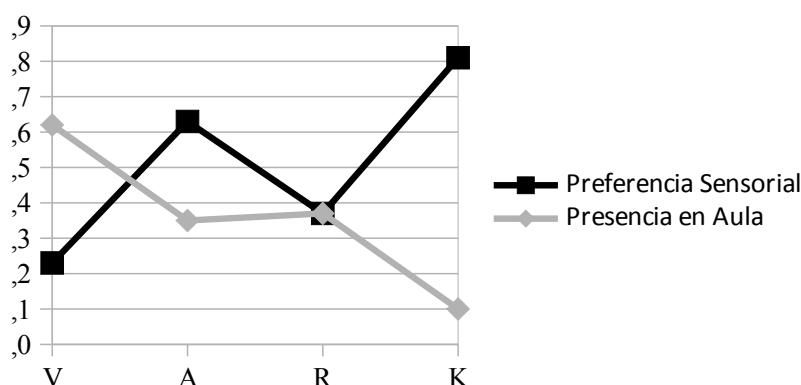


Figura 1. Proporción de alumnos que perciben la presencia de canales VARK en los recursos instruccionales frecuentes en ciencias, comparado con la proporción de alumnos que incluyen cada canal en su Preferencia Sensorial.

El análisis estadístico de las 4 diferencias entre proporciones de la Figura 1, muestra alta significación en las diferencias observadas en los canales V, A y K ($p < .001$), aunque por razones distintas: el canal V se ofrece mucho pero aparece poco en las PS, mientras el canal A y, sobre todo, el K se ofertan en menor proporción de la que aparece en las PS del alumnado.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, no hay trabajos iguales al realizado aquí, aunque el desacuerdo entre las preferencias específicas del alumnado por ciertos canales sensoriales y los recursos que presentan los profesores en las aulas fue la causa inicial de la creación del modelo VARK (Fleming, 2006). Sin embargo, hay pruebas de que existe menos oferta de actividades de indagación de lo deseable. En primer lugar, los estudiantes que tienen profesores que se forman e incorporan los hallazgos de la investigación didáctica en su práctica de aula (uso de estrategias de indagación, entre otras), mejoran significativamente su rendimiento en ciencias (Roth, Wilson, Taylor, Stuhlsatz & Hvidsten, 2019; Yang, Liu & Gardella 2018). Cuando la instrucción incorpora con frecuencia la actividad experimental, investigadora o indagadora, el rendimiento de los estudiantes aumenta (Roehrig & Garrow, 2007; Wang, Wang & Ye, 2002; Wenglinsky, 2002), y también lo hace el gusto por el estudio de las ciencias (Gibson & Chase, 2002; Ural, 2016), lo que a su vez mejora el rendimiento (Gil-Flores, 2014).

4. Conclusiones, limitaciones e implicaciones didácticas

Es momento de responder las preguntas de investigación. El primer lugar, 2/3 de los estudiantes mostraron preferencias multimodales, lo que sugiere a los profesores el uso sistemático de recursos de formato variado. Además, la distribución de canales sensoriales implicados en las preferencias de los estudiantes muestra una elevada prevalencia del canal K, seguido del canal A. Por tanto, globalmente los estudiantes parecen aprender mejor a través de materiales y actividades que fomenten la actividad física junto con la mental, y de materiales que impliquen información auditiva. Estos resultados convergen con los de estudios anteriores en distintos contextos internacionales, como se ha mostrado antes.

En segundo lugar, la oferta habitual y frecuente de materiales y actividades de aprendizaje implica sobre todo el canal V, seguido del R, con menor presencia del canal A y mucha menor del K. La comparación con las preferencias de los estudiantes muestra que los canales menos ofertados son, precisamente, los preferidos por los estudiantes. Recordemos que dichas preferencias no se han establecido a partir de una expresión de deseo del alumnado, sino de un instrumento validado. Por tanto, la tercera pregunta de investigación queda también respondida. En el aula de ciencias, la importancia relativa del canal K respecto del resto se percibe como baja. Sin embargo, este canal se encuentra vinculado precisamente con recursos que son característicos de la educación en ciencias (ver Tabla 4), como los itinerarios fuera del centro para el estudio biológico y geológico de la naturaleza, o la indagación experimental en el laboratorio de física, de química o de biología (o en las aulas ordinarias, cuando éstas se constituyen en laboratorios de indagación habituales). Hay pruebas de que cuando se hacen más actividades experimentales, de carácter práctico-manipulativo, y/o trabajo de campo, se mejoran los resultados académicos (Sadi & Cakiroglu, 2011; Satterthwait, 2010; Stohr-Hunt, 1996).

El profesorado de ciencias todavía no adecua su instrucción a las características del alumnado, al menos en este aspecto de las preferencias sensoriales, ni en general incorpora el conocimiento didáctico importante que se ha ido gestando con la investigación, como se muestra en el trabajo de Solbes, Domínguez-Sales, Fernández-Sánchez, Furió, Cantó y Guisasaola (2013). Parece importante generar una conciencia en el profesorado de ciencias en activo sobre la necesidad de programar actividades de aprendizaje donde los estudiantes puedan tocar y experimentar, y aprender haciendo. Las actividades experimentales en ciencias implican un diálogo interactivo entre la mente y la realidad que percibimos con los sentidos y conceptualizamos con la mente. Estas actividades pueden incardinarse sin estridencias dentro de metodologías activas de aprendizaje, como el aprendizaje basado en la indagación (Aramendi-Jauregui, Arburua-Goienetxe & Buján-Vidales, 2018).

4.1. Limitaciones

En primer lugar, se ha utilizado una muestra de conveniencia y, a pesar de que los participantes no presentan características extraordinarias, la generalización de los resultados no está garantizada. En segundo lugar, centrar el trabajo en la relación entre recursos ofertados y recursos deseables para el alumnado ha dejado de lado aspectos importantes, como conectar el uso de determinados recursos en el aula con los respectivos modelos didácticos empleados por los profesores, puesto que no sólo el formato de los recursos, sino también el modo en que se utilizan configura su impacto en los estudiantes. En tercer lugar, los instrumentos y el procedimiento utilizado en la toma y procesamiento de los datos no están estandarizados. Sin embargo, dada la magnitud de algunos efectos encontrados y la coincidencia con otros estudios, cualitativamente los hallazgos importantes no deberían cambiar.

4.2. Implicaciones didácticas

El presente trabajo supone una confirmación empírica de que los recursos instruccionales disponibles en la actualidad se pueden emplear de modo más eficaz para mejorar el aprendizaje en el alumnado, en especial en ciencias experimentales. Si las PS constituyen una característica psicológica diferencial, entonces el profesorado debería tomarlas en consideración para optimizar el aprendizaje. En este sentido, el presente estudio ofrece una pauta de cómo hacerlo y alienta a utilizar la gran variedad de recursos disponibles de un modo deliberado y profesional.

El estudio ha mostrado que las actividades indagatorias y experimentales que implican el canal cinestésico, son escasas en relación con la prevalencia de dicho canal entre el alumnado de enseñanza secundaria. Dado que la indagación se revela como un modo de adquirir competencias deseables en educación científica, el presente estudio indica que este modelo didáctico todavía no se desarrolla en las aulas en la medida deseable.

5. Referencias bibliográficas

- Akbulut, Y. & Cardak, C. S. (2012). Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. *Computers & Education*, 58(2), 835-842.
- Aramendi-Jauregui, P., Arburua-Goienetxe, R. M. & Buján-Vidales, K. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124. <https://doi.org/10.6018/rie.36.1.278991>
- Assar, S. & Franzoni, A. L. (2009). Student learning styles adaptation method based on teaching strategies and electronic media. A report. *Educational Technology & Society*, 12(4), 15-40.
- Awang, H., Samad, N. A., Faiz, N. M., Roddin, R. & Kankia, J. D. (2017). Relationship between the Learning Styles Preferences and Academic Achievement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 226, Article 012193. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/226/1/012193>.
- Ayiema, J. O., Mwoma, T. & Ouko, H. (2019). Determinants of Teachers' Use of Instructional Resource in Teaching Pre-Primary School Science and Mathematics Activities In Machakos County, Kenya. *International Journal of Current Aspects*, 3(2), 159-185.
- Balasubramanian, V. & Margret-Anuncia, S. (2018). Learning style detection based on cognitive skills to support adaptive learning environment – A reinforcement approach. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 895-907. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.04.012>
- Cantó, J., de Pro, A. & Solbes, J. (2016) ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (3), 25-50. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870>
- Cassidy, S. (2004). Learning styles: An overview of theories, models, and measures. *Educational Psychology*, 24(4), 419-444. <https://doi.org/10.1080/0144341042000228834>
- Conway, C. M. (2020). How does the brain learn environmental structure? Ten core principles for understanding the neurocognitive mechanisms of statistical learning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 112, 279-299. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.032>
- Conway, C.M. & Christiansen, M.H. (2005). Modality constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(1), 24–39 <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.1.24>
- Dekker, S., Lee, N.C., Howard-Jones, P. & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, Article 429. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Díaz, F. S., Rubilar, T. P., Figueroa, C. C. & Silva, R. M. (2018). An adaptive e-learning platform with VARK learning styles to support the learning of object orientation. In *2018 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE.2018.8450990>.
- Durham, M. F., Knight, J. K. & Couch, B. A. (2017). Measurement Instrument for Scientific Teaching (MIST): a tool to measure the frequencies of research-based teaching practices in undergraduate science courses. *CBE–Life Sciences Education*, 16(4), ar67. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-02-0033>
- Fitkov-Norris, E. D. & Yeghiazarian, A. (2015). Validation of VARK learning modalities questionnaire using Rasch analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 588, Article 012048. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/588/1/012048>
- Fleming, N. & Mills, C. (1992). Not another inventory, rather a catalyst for reflection. *To Improve the Academy*, 11, 137-155. Recuperado de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1245&context=podimproveacad>.
- Fleming, N. D. (2006). *Teaching and learning styles: VARK strategies*, 2nd Edition. Christchurch, New Zealand: N. D. Fleming.
- Fleming, N. & Baume, D. (2006). Learning Styles Again: VARKing up the right tree! *Educational Developments*, 7(4), 4-7.
- Ford, N. & Chen, S. Y. (2001). Matching/mismatching revisited: An empirical study of learning and teaching styles. *British Journal of Educational Technology*, 32(1), 5-22. <https://doi.org/10.1111/1467-8535.00173>
- Frost, R., Armstrong, B. C., Siegelman, N. & Christiansen, M. H. (2015) Domain generality versus modality specificity: the paradox of statistical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(3), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.12.010>
- García-Barros, S. & Martínez-Losada, C. (2001). Qué actividades y qué procedimientos utiliza y valora el profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 433-452.
- Gibson, H. L. & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science education*, 86(5), 693-705. <https://doi.org/10.1002/sce.10039>
- Gil-Flores, J. (2014). Metodologías didácticas empleadas en las clases de ciencias y su contribución a la explicación del rendimiento. *Revista de Educación*, 366, 190– 214. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2014-366-271>
- Hall, T. (2002). *Differentiated instruction*. Wakefield, MA: National Center on Accessing the General Curriculum.
- Hawk, T. F. & Shah, A. J. (2007). Using learning style instruments to enhance student learning. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 5(1), 1-19.
- Hsieh, S. W., Jang, Y. R., Hwang, G. J. & Chen, N. S. (2011). Effects of teaching and learning styles on students' reflection levels for ubiquitous learning. *Computers & Education*, 57(1), 1194-1201.
- Huang, E.Y., Lin, S.W. & Huang, T.K. (2012). What type of learning style leads to online participation in the mixed-mode e-learning environment? A study of software usage instruction. *Computers & Education*, 58(1), 338-349.
- Hung, Y. H., Chang, R. I. & Lin, C. F. (2016). Hybrid learning style identification and developing adaptive problem-solving learning activities. *Computers in Human Behavior*, 55, 552-561. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.004>

- Kharb, P., Samanta, P. P., Jindal, M. & Singh, V. (2013). The learning styles and the preferred teaching-learning strategies of first year medical students. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(6), 1089-1092. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/5809.3090>
- Klašnja-Miličević, A., Vesin, B., Ivanović, M. & Budimac, Z. (2011). E-Learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification. *Computers & Education*, 56(3), 885-899.
- Labib, A. E., Canós, J. H. & Penadés, M. C. (2017). On the way to learning style models integration: a Learner's Characteristics Ontology. *Computers in Human Behavior*, 73, 433-445.
- Lau, W. W., Yuen, A. H. & Chan, A. (2015). Variable-Centered and Person-Centered Approaches to Studying the VARK Learning Style Inventory. In W.W.K. Ma, A.H.K. Yuen, J. Park, W.W.F. Lau & L. Deng (Eds.) *New Media, Knowledge Practices and Multiliteracies* (pp. 207-216). Singapore: Springer.
- Leite, W. L., Svinicki, M. & Shi, Y. (2010). Attempted validation of the scores of the VARK: learning styles inventory with multitrait-multimethod confirmatory factor analysis models. *Educational and Psychological Measurement*, 70(2), 323-339. <https://doi.org/10.1177/0013164409344507>
- Lujan, H. L. & DiCarlo, S. E. (2006). First-year medical students prefer multiple learning styles. *Advances in Physiology Education*, 30(1), 13-16. <https://doi.org/10.1152/advan.00045.2005>
- McLoughlin, C. (1999). The implications of the research literature on learning styles for the design of instructional material. *Australasian Journal of Educational Technology*, 15(3), 222-241.
- Muir, D. J. (2001). Adapting online education to different learning styles. Paper presented at the National Educational Computing Conference: Building on the Future, Chicago. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED462940.pdf>
- Ortega, E. (2019). *Preferencias sensoriales y uso autopercebido de estrategias en el aprendizaje de las ciencias de estudiantes de secundaria: análisis y propuesta instruccional* (Tesis doctoral). Universitat de València, València.
- Oxman, S. & Wong, W. (2014). White paper: Adaptive learning systems. Integrated Education Solutions. Recuperado de http://kenanaonline.com/files/0100/100321/Dvx_Adaptive_Learning_White_Paper.pdf
- Ponce, R. S. & Mora, I. H. (2016). Modalidades de aprendizaje del alumnado del Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad Católica de Valencia. *Magister*, 28(1), 25-34.
- Prithishkumar, I. J. & Michael, S. A. (2014). Understanding your student: using the VARK model. *Journal of Postgraduate Medicine*, 60 (2), 183-186. Recuperado de <http://www.jpgmonline.com/text.asp?2014/60/2/183/132337>
- Rahadian, R.B. & Budiningsih, C.A. (2017). What are the suitable instructional strategy and media for student learning styles in middle schools? *International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE)*, 6 (4), 25-39.
- Roehrig, G. & Garrow, S. (2007). The impact of teacher classroom practices on student achievement during the implementation of a reform-based chemistry curriculum. *International Journal of Science Education*, 29(14), 1789-1811. <https://doi.org/10.1080/09500690601091865>
- Roth, K. J., Wilson, C. D., Taylor, J. A., Stuhlsatz, M. A., & Hvidsten, C. (2019). Comparing the effects of analysis-of-practice and content-based professional development on teacher and student outcomes in science. *American Educational Research Journal*, 56(4), 1217-1253. <https://doi.org/10.3102/0002831218814759>
- Saadi, I. A., Alharbi, M. A. & Watt, A. P. (2013). Assess learning styles profile of High and Low Arabic reading achievement in preparatory schools students in Saudi Arabia. *Life Science Journal*, 10(2), 2230-2238.
- Sadi, Ö. & Cakiroglu, J. (2011). Effects of hands-on activity enriched instruction on students' achievement and attitudes towards science. *Journal of Baltic Science Education*, 10(2), 87-97.
- Sadler-Smith, E. & J. Smith, P. (2004). Strategies for accommodating individuals' styles and preferences in flexible learning programmes. *British Journal of Educational Technology*, 35(4), 395-412.
- Salvat, B. G. (2018). La evolución del e-learning: del aula virtual a la red. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2). Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3314/331455826005/331455826005.pdf>
- Satterthwait, D. (2010). Why are 'hands-on' science activities so effective for student learning? *Teaching Science*, 56(2), 7-10.
- Siegelman, N., Bogaerts, L., Christiansen, M. H. & Frost, R. (2017). Towards a theory of individual differences in statistical learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1711), 20160059, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0059>
- Solbes, J., Domínguez-Sales, M. C., Sánchez, J. F., Más, C. F., Aranzabal, J. G. & Domenech, J. C. (2013). ¿ El profesorado de física y química incorpora los resultados de la investigación en didáctica? *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 27, 155-178.
- Subban, P. (2006). Differentiated instruction: A research basis. *International Education Journal*, 7(7), 935-947.
- Tsotaniidou, X., Karagiannidis, C. & Koumpis, A. (2017). Adaptive educational hypermedia systems based on learning styles: The case of adaptation rules. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 12(05), 150-168.
- Ural, E. (2016). The effect of guided-inquiry laboratory experiments on science education students' chemistry laboratory attitudes, anxiety and achievement. *Journal of Education and Training Studies*, 4(4), 217-227.
- Urval, R. P., Kamath, A., Ullal, S., Shenoy, A. K., Shenoy, N. & Udupa, L. A. (2014). Assessment of learning styles of undergraduate medical students using the VARK questionnaire and the influence of sex and academic performance. *Advances in Physiology Education*, 38(3), 216-220. <https://doi.org/10.1152/advan.00024.2014>
- Vandewaetere, M., Desmet, P. & Clarebout, G. (2011). The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 118-130.
- Velásquez, A. M. V., Ortiz, J. F. Z. & Rodríguez, A. L. (2016). La relación entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico en matemáticas en alumnos de ciclo v de educación secundaria. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 9(18), 70-95.
- Wang, X., Wang, T. & Ye, R. (2002). Usage of Instructional Materials in High Schools: Analyses of NELS Data. American Educational Research Association Annual Meeting (New Orleans, LA, April 1-5, 2002). Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED467793.pdf>
- Wenglinsky, H. (2002). How schools matter: The link between teacher classroom practices and student academic performance. *Education Policy Analysis Archives*, 10(12). Recuperado de <http://epaa.asu.edu/epaa/v10n12/>.

- Willingham, D.T.; Hughes, E.M. & Dobolyi, D.G. (2015). The scientific status of learning styles theories. *Teaching of Psychology*, 42(3), 266–271. <https://doi.org/10.1177/0098628315589505>
- Wong, P. C., Vuong, L. C. & Liu, K. (2017). Personalized learning: From neurogenetics of behaviors to designing optimal language training. *Neuropsychologia*, 98, 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.10.002>
- Yang, T.C., Hwang, G.J. & Yang, S.J.H. (2013). Development of an adaptive learning system with multiple perspectives based on students' learning styles and cognitive styles. *Educational Technology & Society*, 16(4), 185–200.
- Yang, Y., Liu, X., & Gardella Jr, J. A. (2018). Effects of professional development on teacher pedagogical content knowledge, inquiry teaching practices, and student understanding of interdisciplinary science. *Journal of Science Teacher Education*, 29(4), 263-282. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1439262>
- Zaina, L. A. & Bressan, G. (2008). Classification of learning profile based on categories of student preferences. *Proceedings of 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, October 22 – 25, Saratoga Springs, NY* (pp. F4E1-F4E6). Piscataway, NJ: IEEE.