

APRENDIZAJE BASADO **EN ERRORES**

Condiciones de aparición del *Aprendizaje Basado en Errores*: Relación semántica del material y recuperación del error

Trabajo de Fin de Grado
Curso 2018-19



Donostia, 5 de junio de 2019

Facultad de Psicología de la UPV/EHU

Alumno: *Yeray Mera Equiza*

Directora: *Eugenia Marín García*

ÍNDICE

1. RESUMEN	pág. 03
2. INTRODUCCIÓN	pág. 03
a. Tipos de errores	pág. 05
b. Feedback	pág. 05
c. Relación semántica entre el error y el acierto.....	pág. 06
d. Tipo de material	pág. 07
e. Confianza en los errores	pág. 07
f. Metamemoria	pág. 08
g. Valoración sobre la utilidad del material aprendido	pág. 09
h. Teorías explicativas del aprendizaje basado en errores	pág. 09
i. Objetivos	pág. 10
3. MÉTODO	pág. 11
a. Participantes	pág. 11
b. Material	pág. 11
c. Procedimiento	pág. 12
4. RESULTADOS	pág. 13
a. Rendimiento en el test inicial	pág. 14
b. Rendimiento en el test final	pág. 14
c. Aparición del error en el test final	pág. 15
5. DISCUSIÓN	pág. 16
6. REFERENCIAS	pág. 18
7. ANEXOS	pág. 21
a. Anexo 1. Listas de pares de palabras	pág. 21

ÍNDICE DE FÍGURAS

<i>Figura 1.</i> Diseño del experimento.....	pág. 13
<i>Figura 2.</i> Efecto de la experiencia de error/acierto durante el aprendizaje	pág. 14
<i>Figura 3.</i> Recuperación del error junto a la respuesta correcta en el test final	pág. 16

RESUMEN

En las últimas décadas se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje basado en errores, si es seguido por un feedback correctivo, tiene efectos beneficiosos sobre el aprendizaje. Aunque todavía no están claras las condiciones concretas en las que aparece este efecto. En esta investigación se analiza si es necesario que el material de estudio esté relacionado semánticamente, y si es necesaria la recuperación explícita del error junto con la respuesta correcta. Para estudiar estos aspectos, dos grupos de participantes han estudiado o bien pares de palabras asociadas semánticamente o pares no-relacionados. Posteriormente, se han analizado los errores y aciertos generados en un test inicial (en el que se proporciona feedback correctivo) y en un test final, en el que además se pregunta si les ha venido alguna otra palabra a la mente, para comprobar si se recupera el error. Los resultados indican que la experiencia de tener errores durante el aprendizaje no perjudica la recuperación de la información correcta, independientemente de la relación semántica del material. Además, los resultados evidencian que no es necesaria la recuperación explícita del error junto a la respuesta correcta, lo que sugiere que el efecto beneficioso del error podría estar basado en procesos implícitos.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la Psicología Cognitiva ha considerado que cometer errores durante el aprendizaje perjudicaba el recuerdo del material de estudio, lo que ha llevado a priorizar una enseñanza libre de errores en las instituciones educativas (Stevenson y Stigler, 1994). Sin embargo, en las últimas décadas se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje basado en errores, si es seguido de un feedback correctivo, tiene efectos beneficiosos sobre el aprendizaje, produciendo un aumento del recuerdo posterior del material aprendido (Metcalf, 2017).

La idea de que los errores son perjudiciales durante el aprendizaje está vinculada principalmente a la teoría de la interferencia (Melton e Irwin, 1940; Postman y Underwood, 1973) que defiende que estar expuesto a errores durante el aprendizaje afecta negativamente a la recuperación de la respuesta correcta. Desde esta teoría, el error es considerado un estímulo con características distintivas que compite con la respuesta correcta en la fase de recuperación. De este modo, lo deseable sería evitar la presencia de los errores durante el aprendizaje con el fin de no fortalecerlos en la memoria (Skinner, 1959; Ausubel, 1968; Bandura, 1986).

No obstante, en los últimos años se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje basado en errores puede aumentar el recuerdo de la respuesta correcta y no interferir en el recuerdo. El procedimiento estándar de los experimentos sobre el aprendizaje basado en errores suele ser el siguiente: comienza con una fase de estudio o de familiarización con el material, posteriormente se realiza una prueba inicial donde se solicita a los participantes que intenten recordar el material estudiado en la fase anterior y se les da feedback correctivo; y por último, se realiza una prueba final de recuerdo del material donde se analizan si los errores de la fase anterior han sido corregidos y su efecto beneficioso o perjudicial sobre el recuerdo final (Metcalfe, 2017).

Por otra parte, diversas investigaciones han mostrado que realizar pruebas o tests durante el aprendizaje resulta más beneficioso en comparación a releer el material de estudio, esto ha sido denominado “el efecto test” (Karpicke y Roediger, 2008). También, se ha evidenciado un beneficio al intentar generar una respuesta comparado con cuando simplemente se estudia el material, el llamado “efecto de generación” (Slamecka y Graf, 1978). Estos estudios ponen de manifiesto la existencia de un beneficio en la memoria a largo plazo por el proceso de intentar generar y/o recordar de manera activa la respuesta. Pero, ¿qué ocurre cuando generamos errores en vez de aciertos durante el test? ¿Se refuerzan estos errores por el efecto de generación interfiriendo con la información correcta? ¿O puede este proceso activo de generación de la respuesta, conducir a una mejor retención de la información correcta incluso cuando se producen errores? Uno de los objetivos de esta investigación es comprobar si los fallos cometidos durante el test mejoran el recuerdo posterior o, por el contrario, interfieren en la memoria a largo plazo.

Una cuestión importante respecto al aprendizaje basado en errores es conocer cuáles son las **condiciones básicas o factores que influyen en que un error sea beneficioso para el aprendizaje** y no interfiera en el recuerdo de la respuesta correcta. A continuación, se van a comentar los siguientes factores: tipos de errores (por comisión o por omisión), la presencia de feedback correctivo tras la generación del error, la existencia de relación semántica entre el error y el acierto, el tipo de material de estudio (semántico o léxico), el grado de confianza en los errores, metamemoria o el nivel de conciencia sobre el beneficio de producir errores en el aprendizaje y el valor del material de estudio.

1. Tipos de errores

Los errores en la recuperación de la información pueden darse de dos maneras: por omisión, cuando no se es capaz de recordar ninguna respuesta, y por comisión, cuando se da una respuesta errónea. Parece ser que los errores por comisión, en comparación con los errores por omisión, son más beneficiosos para el aprendizaje, siempre que éstos estén relacionados semánticamente con la respuesta correcta (Slamecka y Fevreiski, 1983). Igualmente, en el estudio realizado por Kornell, Hays y Bjork (2009) se comparan dos condiciones en la fase de estudio: a) una en la que los participantes tienen que intentar responder correctamente con posibilidad de generar errores (producción del error) que a su vez son corregidos a través del feedback; y b) otra condición en la que se presenta la pregunta y la respuesta correcta de manera conjunta y sólo se solicita a los participantes que la lean (no-producción del error). Aquellos pocos casos en los que se respondía correctamente en la condición de producción del error, eran excluidos del análisis, ya que el objetivo era analizar el efecto de los errores. Los resultados revelaron que, durante la prueba final, los participantes recordaban mejor la respuesta correcta cuando habían realizado errores por comisión. Es decir, que generar errores durante el aprendizaje, seguido de un feedback correctivo, beneficiaba el aprendizaje de la respuesta correcta frente a la condición en la que se otorgaba la respuesta correcta desde el inicio. Estos resultados sugieren que la generación de errores durante el aprendizaje es efectiva para el aprendizaje.

2. Feedback

Otra de las condiciones importantes para que se dé el beneficio observado en el aprendizaje basado en errores es el feedback. Para que la recuperación de la respuesta correcta aumente, parece imprescindible que se dé un feedback de la respuesta que incluya la correcta tras el error (Metcalf y Kornell, 2007; Huelser y Metcalfe, 2011; Metcalfe, Butterfield, Habeck y Stern, 2012; Iwaki, Matsushima y Kodaira, 2013). Además, no parece suficiente con que el feedback sea dado simplemente indicando a los participantes si su respuesta es correcta o no, sino que para que haya beneficio se tiene que presentar la respuesta correcta de manera explícita (Pashler, Cepeda, Wixted y Rohrer, 2005). No obstante, no es necesario que este feedback sea presentado inmediatamente tras la comisión del error. Así, Metcalfe, Kornell y Finn (2009) realizaron un experimento con estudiantes de 11 a 13 años, donde manipularon el **momento** en el que se presentaba el **feedback** a través de tres condiciones: feedback

inmediato, feedback tardío (tras uno o cuatro días), o sin feedback. El feedback consistía en volver presentar a los participantes la pregunta acompañada de la respuesta correcta, tras el cual se mostraba nuevamente la respuesta que habían generado durante la fase de estudio. Esto les permitía conocer si su respuesta había sido correcta o no, y cuál era la respuesta que tenían que haber contestado. Cuando se demoraba el feedback, se daba un mejor desempeño en la prueba final en comparación a cuando se daba de manera inmediata, y ésta a su vez era mejor a cuando no se presentaba ningún feedback en absoluto. Esto puede ser explicado debido a que cuando el feedback era demorado, había un mayor espaciamiento desde la presentación original de la respuesta correcta a la presentación de la respuesta correcta dada durante el feedback. Diversos estudios han mostrado el beneficio del estudio espaciado, donde se deja tiempo entre las sesiones de práctica, frente al estudio de sesiones intensivas, en el que no se deja un tiempo entre sesiones (Son, 2004; Rohrer y Pashler, 2007). Cuando se realizó este experimento con población universitaria (Metcalfe et al., 2009), no se encontraron diferencias entre dar el feedback de manera inmediata o demorada. No obstante, cabe destacar que en ambos casos presentar un feedback correctivo resultaba en un mejor desempeño que cuando no se daba ningún feedback.

3. Relación semántica entre el error y el acierto

Se ha mencionado que los errores por comisión, frente a los de omisión, producen un mejor desempeño para el recuerdo correcto posterior, siempre y cuando éstos estén semánticamente relacionados con la respuesta correcta (Slamecka y Fevreiski, 1983). De esta manera, parece que la relación semántica entre el error y el acierto es otra de las condiciones relevantes en el aprendizaje basado en errores. Huelser y Metcalfe (2012) realizaron un experimento en el que se puso de manifiesto que se daba un efecto beneficioso del error sobre el aprendizaje, pero sólo cuando los errores producidos estaban semánticamente relacionados con la respuesta correcta. Posteriormente, estudiaron la fuerza de asociación semántica entre el error generado y la respuesta correcta a través de un Análisis de la Semántica Latente (LSA, de sus siglas en inglés *Latent Semantic Analysis*), método utilizado para estimar el grado de cercanía semántica entre palabras (Landauer y Dumais, 1997). Los resultados evidenciaron que los errores fuertemente asociados a la respuesta correcta habían mostrado un beneficio mayor para el aprendizaje, que los no-asociados. Esto indica que la cercanía en la red de memoria

semántica entre el error y la respuesta correcta es un factor importante para el aprendizaje basado en errores.

4. Tipo de material

La mayoría de los estudios realizados sobre el aprendizaje basado en errores han sido llevados a cabo empleando material verbal o semántico, ya sea mediante preguntas sobre conocimiento general (Metcalfe et al., 2012) o mediante listas y pares de palabras (Kornell et al., 2009).

Uno de los pocos estudios realizados con material no-semántico es el de Iwaki et al. (2013), quienes mostraron que el aprendizaje basado en errores podía evidenciarse también en la adquisición de material léxico y no únicamente semántico. Las representaciones léxicas están compuestas por información morfológica y fonológica pero no semántica. Por ello, estos autores realizaron diferentes experimentos en los que se requería leer palabras japonesas *Kanji*, las cuales pueden tener diferentes pronunciaciones (información fonológica). Concluyeron que empleando material léxico también se producía un beneficio de la memoria a través de la corrección de los errores. Estos resultados sugieren que el aprendizaje basado en errores puede ser extendido al aprendizaje de material no exclusivamente semántico.

Esta conclusión es contradictoria con otros resultados previos (por ejemplo, Huelser y Metcalfe, 2012; Cyr y Anderson, 2018), donde se encuentra un efecto beneficioso del error sobre el aprendizaje, pero únicamente con material de estudio relacionado semánticamente. Estos datos contradictorios resaltan la importancia de estudiar si es necesario que haya una relación semántica entre el material de estudio para encontrar el efecto del aprendizaje basado en errores. Por ello, uno de los objetivos de este trabajo será estudiar el efecto del grado de asociación semántica de los pares de palabras del material de estudio en un paradigma de aprendizaje basado en errores.

5. Confianza en los errores

Se ha puesto de manifiesto que el efecto beneficioso de los errores en el aprendizaje es mayor cuando se da un nivel de confianza alto sobre la corrección de la respuesta producida, lo que se denomina el efecto de hipercorrección o "*hypercorrection effect*" (Butterfield y Metcalfe, 2001). En esta línea, se han realizado estudios acerca del efecto del nivel de confianza en las respuestas erróneas sobre su corrección posterior. Estos experimentos, sugieren que los errores de alta confianza son más fáciles de corregir que

aquellos en los que la confianza es baja (Metcalf et al., 2012; Iwaki et al., 2013; Metcalfe y Miele, 2014).

Metcalf et al. (2012) analizaron las bases neurales del efecto de hipercorrección mediante el uso de la resonancia magnética funcional (fMRI). comparando la activación cerebral diferencial entre los errores de alta y baja confianza. Los resultados pusieron de manifiesto diferencias de activación en áreas fronto-mediales, y especialmente en el cíngulo anterior (área relacionada con la sorpresa, la detección del error y la atención), el córtex prefrontal dorso-lateral y el córtex temporo-parietal (*Temporo-Parietal Junction*), también relacionadas con la sorpresa. Estos resultados, sugieren que el *Hypercorrection effect* ocurre debido a que hay una disonancia cognitiva entre la confianza en el acierto y el feedback que evidencia el error, lo que produce un mayor nivel atencional para el feedback correctivo en los errores de alta confianza.

6. Metamemoria

Flavell (1997), definió la metamemoria como un tipo de conocimiento que se refiere a la conciencia acerca de nuestra propia memoria y de sus procesos de registro, almacenamiento y recuperación de la información. De esta manera, la metamemoria se enmarcaría dentro del concepto de la metacognición que hace referencia a la capacidad de evaluación y control sobre nuestros procesos cognitivos. La metamemoria, se relaciona con el conocimiento sobre nuestra propia memoria y las estrategias que podemos emplear en relación con ésta (Metcalf y Shimamura, 1994), abarcando capacidades tan diversas y complejas como la estimación de nuestra capacidad de aprendizaje, la selección de las estrategias de recuperación y codificación, o la conciencia de lo que conocemos y no conocemos. No obstante, en muchas ocasiones, las creencias intuitivas sobre cómo funciona la memoria no coinciden con los efectos reales en el aprendizaje.

En relación con el aprendizaje basado en errores, se ha puesto de manifiesto que la conciencia por parte del aprendiz sobre el efecto de los errores en el aprendizaje no parece ser necesaria para que se produzca el beneficio sobre el aprendizaje. Huelser y Metcalfe (2012) preguntaron a los participantes sobre sus opiniones sobre cuál de las condiciones creían que llevaba a un resultado más beneficioso. Los resultados mostraron que en un alto porcentaje los participantes asumían que la condición de aprendizaje libres de errores era más ventajosa, aun cuando acaban de experimentar la tarea y era evidente el beneficio. Esta falta de consciencia de las mejoras que trae la

generación de errores podría explicar en parte la evitación de los errores en la educación tradicional (Stevenson y Stigler, 1994).

7. Valoración sobre la utilidad del material aprendido

Otro factor que se ha evaluado es el nivel de practicidad o de utilidad que los participantes creen que tiene aprender el material de estudio que se les propone. En un experimento de Iwaki et al. (2013), los resultados evidenciaron que el beneficio del aprendizaje basado en errores era modulado por la valoración que los participantes otorgaban al material de estudio. De esta manera, si el material era valorado como práctico y útil, éste captaba la atención de los sujetos, lo que llevaba a un mejor recuerdo posterior.

Teorías explicativas del aprendizaje basado en errores

Existen diferentes teorías explicativas sobre el aprendizaje basado en errores. La “**Hipótesis de la efectividad del mediador**” fue propuesta por Pyc y Rawson (2010) para explicar el Efecto test (*Testing Effect*), el aumento del recuerdo a largo plazo a través de la inclusión de tests o pruebas en el proceso de codificación. Esta hipótesis propone que cuando los individuos son evaluados generan mediadores (palabras, frases, imágenes, etc.) que funcionan como enlaces secundarios o indicios entre la palabra clave y la palabra objetivo, lo cual ayudaría en el recuerdo posterior. Basándose en esta propuesta, Metcalfe (2017) propone esta teoría explicativa para el aprendizaje basado en errores. De esta manera, los errores generados durante el aprendizaje funcionarían como mediadores de la respuesta correcta y podrían ser usados como indicios de recuperación para facilitar la recuperación de la respuesta correcta. Esta hipótesis es consistente con la idea de que sólo los errores que están semánticamente relacionados con la respuesta correcta son efectivos para beneficiarse del aprendizaje basado en errores (Huelser y Metcalfe, 2012). Si los errores cometidos durante el aprendizaje se encuentran semánticamente relacionados con la respuesta correcta, es probable que estos errores formen parte de la red semántica activada y puedan servir como mediadores para recordar la respuesta correcta. Esta idea se basa en la **Teoría de la propagación de la activación** en la que la información semántica estaría organizada en una red de nodos interconectados a través de los que se propaga la activación (Collins y Loftus, 1975). De este modo, si el error forma parte de la red semántica de la respuesta correcta, cuando en la prueba final se recuerda el error, de manera indirecta, a través de la propagación de la

activación, se activaría también la respuesta correcta y esto aumentaría las probabilidades de recordarla.

Otra posible explicación es la teoría del “*Recursive Reminding*”, propuesta por Wahlheim y Jacoby (2013). Estos autores proponen que la ventaja del aprendizaje basado en errores se produce debido a que tanto el error como la respuesta (a través del feedback) son codificados en un mismo evento episódico, compartiendo el mismo espacio temporal y espacial y los mismos detalles de la situación de la codificación. Esta propuesta plantea que, durante la prueba final, la recuperación del error activa el contexto de codificación, que es compartido por la respuesta correcta y el error, y esto facilita el acceso a la respuesta correcta.

Tanto la hipótesis de la efectividad del mediador (Pyc y Rawson, 2010), como la teoría del “*Recursive Reminding*” (Wahlheim y Jacoby, 2013), predicen que el error, para ser de ayuda, debe ser recuperado en la prueba final. Sin embargo, no está claro que esto suceda de esta manera, ya que, existen resultados contradictorios al respecto (Butterfield y Metcalfe, 2001; Metcalfe y Miele, 2014). Por tanto, esta es una cuestión que queda abierta y que se pretende analizar en este estudio.

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Comparar cómo afecta la experiencia de error versus acierto durante el aprendizaje sobre la memoria a largo plazo. Tal y como predice el aprendizaje basado en errores, se espera encontrar que los errores generados durante la prueba inicial no interfieran en la recuperación a largo plazo. Es más, se anticipa que las respuestas correctas del test final estarán asociadas a una experiencia previa de error durante la prueba inicial más que a una experiencia de acierto.
- Examinar si el grado de relación semántica del material de estudio modula el efecto del aprendizaje basado en errores. La mayoría de los estudios realizados sobre el aprendizaje basado en errores han sido llevados a cabo empleando material con relación semántica. Sin embargo, algunos estudios han encontrado que empleando material sin relación semántica también se produce un beneficio de la generación de errores durante el aprendizaje sobre la memoria a largo plazo (Iwaki et al., 2013; Cyr y Anderson, 2018). Por tanto, se espera encontrar este beneficio de los errores también en material no-relacionado semánticamente, aunque en un menor grado.

- Estudiar si durante la recuperación final de la información es necesaria la recuperación explícita del error junto con la respuesta correcta para que el error tenga un efecto positivo en el aprendizaje. Se espera encontrar una recuperación explícita del error junto a la respuesta correcta como predicen tanto la hipótesis de la efectividad del mediador (Pyc y Rawson, 2010) como la teoría del “*Recursive Reminding*” (Wahlheim y Jacoby, 2013). Si esto es así, se reforzaría la teoría de que el recuerdo explícito del error previo es necesario para que se produzca el beneficio del aprendizaje basado en errores, lo que ayudaría a entender los mecanismos subyacentes de este fenómeno. Si el recuerdo del error no fuese necesario, entonces se propondría que los mecanismos explicativos del aprendizaje basado en errores se asentarían sobre procesos implícitos.

MÉTODOS

Participantes

Los 30 voluntarios que han participado en este estudio eran estudiantes universitarios de entre 20 y 35 años de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). La muestra estaba compuesta por 4 hombres y 26 mujeres, con una media de edad de 22.5 años (DT=2.98). Todos los voluntarios dieron su consentimiento para participar en esta investigación de acuerdo con la normativa establecida por el Comité de Ética para la investigación y la docencia (CEID/IEEB) de la UPV/EHU.

Material

El material de estudio estaba compuesto por dos listas de 108 pares de palabras. Una lista con pares de palabras asociados semánticamente y otra con pares de palabras no asociados. En ambas listas se manipuló el nivel de dificultad de los pares de palabras para facilitar la aparición tanto aciertos como errores. Los pares de palabras de la lista de pares asociados fueron seleccionados de la base de datos de la NALC – Normas de Asociación libre en castellano de la Universidad de Salamanca (Fernández, Díaz y Alonso, 2010). La selección se realizó siguiendo los criterios de selección utilizados por Kornell y Bjork (2009) en su estudio sobre aprendizaje basado en errores. Para los pares de palabras fáciles, se controló que la fuerza de asociación entre la palabra clave y la palabra objetivo (*Forward Cue-to-Target Strength*) fuera entre .050 y .054, es decir, que la presentación de la palabra clave suscitara la respuesta de la palabra objetivo en el 5% de las personas. Para los pares de palabras difíciles, se controló que la fuerza de

asociación entre la palabra clave y la palabra objetivo fuera entre 0.10 y 0.14, es decir, que tuvieran una baja asociación, pero no nula.

Los pares de palabras de la lista de pares no asociados semánticamente fueron extraídos del repositorio de EsPal (Duchon, Perea, Sebastián-Gallés, Martí y Carreiras, 2013). Para los pares de palabras difíciles se controló que cada palabra tuviera puntuaciones entre 1 y 4 (en una escala de 1 a 7) en las variables de imaginabilidad y concreción. Posteriormente, las palabras fueron emparejadas de manera aleatoria. Para los pares de palabras fáciles, en cambio, se seleccionaron aquellas palabras con puntuaciones superiores a 6 en las mismas variables, y también fueron emparejadas de manera aleatoria. Se comprobó que estos pares de palabras no estuviesen semánticamente relacionados tras el emparejamiento aleatorio.

Todas las palabras tanto de las listas semánticamente relacionadas como las no relacionadas eran nombres y tenían un mínimo de cuatro letras de longitud (véase el Anexo 1).

Procedimiento

Los participantes fueron distribuidos de manera aleatoria en dos grupos, uno cuyo material de estudio consistía en pares de palabras semánticamente relacionadas y el otro grupo cuyo material de estudio no tenía relación semántica.

El procedimiento incluía una fase de estudio y dos fases de test (test inicial y test final). Además, se introdujo una tarea distractora entre el test inicial y el test final, tal como se muestra en la Figura 1, para evitar el repaso durante el intervalo de retención. En la **fase de estudio**, cada uno de los 108 pares de palabras (clave-objetivo, p. ej. salud-hospital) fue presentado durante 5 segundos siguiendo un orden aleatorio. Se dio la instrucción de leer los pares de palabras en voz alta conforme se iban presentando para asegurar un nivel mínimo de atención. En la **fase del test inicial**, se presentaron individualmente las palabras clave de los 108 pares (p. ej., salud) y se les pidió que escribieran en el ordenador la palabra objetivo (p. ej., hospital), tal como se les había presentado durante la fase anterior. Si no recordaban la palabra se les sugirió que escribieran la primera palabra que les viniese a la cabeza. Después de cada par, se mostraba durante 3 segundos el par correcto (p. ej., salud-hospital), que servía de feedback correctivo. Inmediatamente, se realizaba la tarea distractora *Continuous Performance Test* que duraba cinco minutos. En esta tarea se presentan letras durante un breve espacio de tiempo y se solicita a los participantes que pulsen la tecla espaciadora cada vez que sale

una determinada letra (p. ej. “K”) mientras que inhiben esta respuesta para el resto de letras. Por último, en la **fase del test final**, se volvían a presentar cada palabra clave y se les volvía a solicitar que teclearan la palabra objetivo o si no la recordaban, la primera palabra que les viniera a la cabeza. Sin embargo, esta vez no se ofrecía ningún feedback correctivo. Durante esta última fase, se realizaron dos preguntas consecutivas tras cada respuesta: “¿Te ha venido alguna otra palabra a la mente?”, a lo que debían responder “Sí” o “No” y en el caso de que la respuesta fuese afirmativa, se les preguntaba “¿Cuál?”, y se les pedía que escribieran la palabra en el ordenador. Una vez respondían las preguntas, se pasaba al siguiente par. Con estas dos últimas preguntas se evalúa si el error original generado durante el test inicial vuelve a aparecer en la mente del participante durante la corrección del error.

La prueba se realizó en una sala tranquila y sin distracciones. El material fue presentado en blanco sobre un fondo negro en un ordenador con una resolución de 1680x1050. Para la presentación y la recogida de datos se utilizó el software de acceso libre *Psychopy* (v.1.9.1) (Peirce et al., 2019). Los datos recogidos fueron organizados con el software de computación estadística “RStudio” (RStudio Team, 2015). Posteriormente, se analizaron con el software estadístico SPSS (Versión 22).

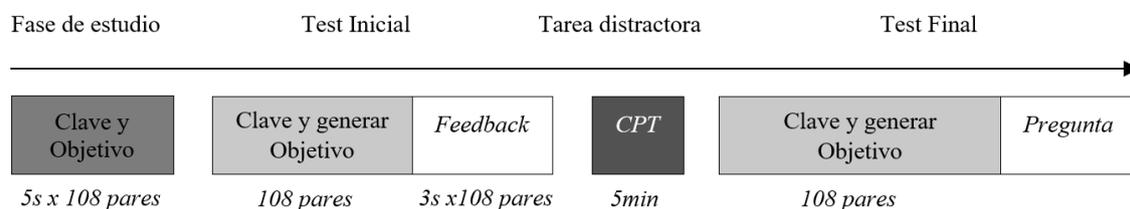


Figura 1. Diseño del experimento en orden cronológico en el que se muestran sus tres fases (fase de estudio, test inicial y test final) más la tarea distractora.

RESULTADOS

Se realizó el registro de todas las respuestas tecleadas por los participantes, correctas e incorrectas, en el test inicial y en el final. Antes de iniciar el análisis de los datos, se revisaron los errores tipográficos producidos durante el test inicial y el test final. En aquellos pocos casos en los que la palabra no se acentuaba correctamente (inyeccion vs. inyección), se codificaba como correcta. Posteriormente, las respuestas fueron categorizadas en función de su corrección y además se calculó el porcentaje de aciertos en el test final en función de la experiencia de error o de acierto en el test inicial. Por

tanto, se codificaba como “acierto-acierto” si la respuesta había sido correcta en la prueba inicial y la final, y se codificada como “error-acierto” si el error generado en el test inicial era corregido en el test final. Por último, se analizaron los datos correspondientes a la pregunta realizada durante el test final en la que se preguntaba sobre la recuperación del error. Las respuestas fueron codificadas como “no”, si no venía ninguna palabra a la cabeza; “sí”, si recordaban el error generado en el test inicial; y “otro”, si la palabra que les venía a la cabeza no correspondía al error en la prueba inicial.

Rendimiento en el Test Inicial

Todos los participantes respondieron a los 108 pares de palabras. El grupo que realizó el experimento con pares de palabras relacionadas semánticamente acertó una media de 36.79% de los pares (DT=17.66), mientras que el grupo con pares de palabras no-relacionadas respondió correctamente a un 7.72% de los pares (DT= 8.92), siendo esta diferencia estadísticamente significativa $t(28) = 5.69$, $p < .001$. Por tanto, en el test inicial, la relación semántica del material beneficia el recuerdo.

Rendimiento en el Test Final

Para el análisis del test final, se ha llevado a cabo un análisis de varianza 2x2 (ANOVA) de medidas repetidas con un diseño factorial mixto, con las variables experiencia ("error-acierto" y "acierto-acierto") como factor intrasujeto, y el grupo (material relacionado y no-relacionado) como factor intersujeto. No se ha encontrado un efecto principal del grupo sobre el porcentaje de aciertos en el test final ($p > .05$). Por lo tanto, el grado de relación semántica del material no produce diferencias en el nivel de aciertos en la prueba final. Tampoco se ha encontrado un efecto de la experiencia del error o acierto durante el aprendizaje en el porcentaje de aciertos durante el test final ($p = .079$). Por lo que los resultados muestran que haber generado un error durante el aprendizaje no interfiere en la memoria a largo plazo. Sin embargo, hay una significación marginal, la cual nos indica que hay una tendencia a tener un mejor desempeño en el test final cuando se ha tenido una experiencia de error durante el aprendizaje ($M = 58.15$, $DT = 24.48$), en comparación a cuando se ha tenido una experiencia de acierto ($M = 41.85$, $DT = 24.48$) tal como se muestra en la Figura 2. Por tanto, aunque este efecto no llegue a la significación, es posible que sea debido a una falta de potencia estadística debido al tamaño reducido de la muestra.

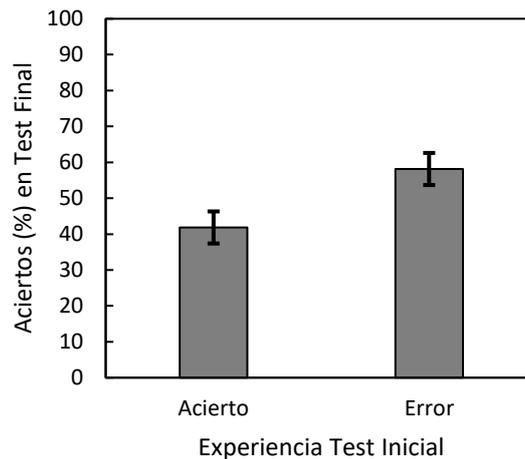


Figura 2. Porcentaje de aciertos en el test final cuando se ha tenido una experiencia de acierto o de error durante el test inicial.

Aparición del error en el Test Final

Con el fin de responder a la pregunta de si los errores generados en el test inicial son recuperados durante el test final junto a la respuesta correcta, se ha llevado a cabo un análisis de varianza 3x2 (ANOVA) para medidas repetidas con un diseño factorial mixto, con las variables “recuperación del error” (“No”, “Sí”, “Otro”) como factor intrasujeto y el grupo (material relacionado y no-relacionado) como factor intersujeto. Los resultados ponen de manifiesto que no existe un efecto del grupo sobre si se recuerda o no el error de la prueba inicial ($p > .05$). Por tanto, el grado de relación semántica del material no modula el nivel de recuerdo del error. Por otra parte, los resultados evidencian un efecto principal del tipo de palabra recordada en el test final, $F(2, 27) = 38.84$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .58$. Los análisis *post hoc* a través de la prueba-t para muestras relacionadas han puesto de manifiesto que el porcentaje de no recuperación del error previo ($M = 63.13\%$, $DT = 30.19$) es significativamente mayor que el del recuerdo del error ($M = 17.74\%$, $DT = 16.23$), $t(29) = 6.12$, $p < .001$, y que el del recuerdo de otra palabra ($M = 12.39\%$, $DT = 14.99$), $t(29) = 6.93$, $p < .001$. Además, no se encontraron diferencias significativas entre recordar el error y recordar otra palabra ($p > .05$) (ver la Figura 3). Esto evidencia que para la corrección en la prueba final de los errores de la prueba inicial no es necesario una recuperación explícita del error junto al acierto.

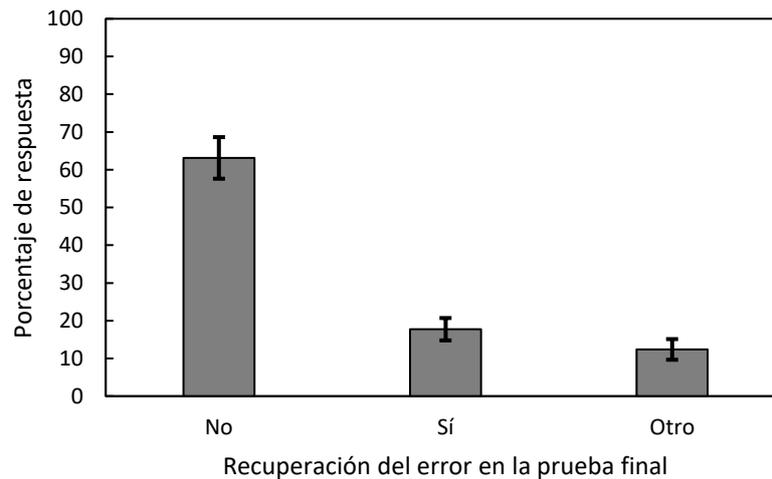


Figura 3. Recuperación del error junto a la respuesta correcta durante el test final.

DISCUSIÓN

Este trabajo ha puesto de manifiesto que la experiencia de generar errores durante el aprendizaje no es perjudicial para la recuperación a largo plazo de la información correcta. Además, se ha detectado una tendencia a tener un mejor desempeño en el test final cuando se ha tenido la experiencia de error durante el aprendizaje. Esto contradice la visión tradicional que consideraba a los errores como estímulos que producen interferencia con la recuperación de la respuesta correcta y evidencia el aprendizaje basado en errores (Metcalf, 2017). No obstante, aunque esta tendencia marginal no llegue a la significación, es probable que sea debido a una falta de potencia estadística asociada al pequeño tamaño de la muestra. Por lo tanto, el primer paso a seguir en este trabajo es aumentar la muestra para analizar si esa tendencia marginal llega a la significación.

Por otra parte, uno de los objetivos de esta investigación ha sido analizar si es necesario que el material de estudio esté relacionado semánticamente para que se dé el beneficio del error. Los resultados evidencian que no es necesario que exista una relación semántica en el material de estudio para que se produzca este efecto, lo cual concuerda con los resultados encontrados por Cyr y Anderson (2018). Pese a esto, el material sigue siendo verbal-semántico, por lo que otro de los aspectos a estudiar en investigaciones futuras es si el aprendizaje basado en errores aparecería también con el uso de material de estudio no semántico, como el material perceptivo.

Por último, se ha querido comprobar si en la prueba final es necesaria la recuperación explícita del error a la vez que la respuesta correcta para que el error tenga un efecto

positivo en el aprendizaje, ya que tanto en la hipótesis de la efectividad del mediador (Pyc y Rawson, 2010), como en la teoría del “*Recursive Reminding*” (Wahlheim y Jacoby, 2013), se predice que el error, para ser de ayuda, debe ser recuperado en la prueba de recuperación final. Al igual que se ha mostrado en otras investigaciones (Butterfield y Metcalfe, 2001; Metcalfe y Miele, 2014), los resultados obtenidos indican que no es necesaria la recuperación explícita del error para dar una respuesta correcta en la prueba final, lo que sugiere que el efecto beneficioso del error podría estar basado en procesos implícitos. Para profundizar en esta hipótesis, los próximos análisis de este estudio serán analizar los tiempos de reacción de las respuestas correctas en el test final y estudiar si están moduladas por la experiencia de acierto o error en el test inicial. Si el aprendizaje basado en errores está sustentado por procesos implícitos, se esperaría que los tiempos de reacción en la prueba final de los ítems que han tenido la experiencia de error en la prueba inicial sean más cortos que los que han tenido la experiencia de acierto.

En conclusión, esta investigación contribuye a comprender la naturaleza del aprendizaje basado en errores y a profundizar en las condiciones que son determinantes para producir este efecto. Concretamente, evidencia que no es necesario que el material tenga una relación semántica y que el beneficio sobre la memoria a largo plazo que produce probablemente esté basado en mecanismos implícitos. Esto es relevante no sólo desde un punto de vista teórico sino, especialmente, en el ámbito aplicado de la enseñanza y la educación en el que es de gran importancia conocer los beneficios del aprendizaje basado en errores y de las condiciones específicas donde aparece.

Referencias

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action*. Englewood Cliffs, NJ, 1986.
- Butterfield, B., & Metcalfe, J. (2001). Errors Committed With High Confidence Are Hypercorrected, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(6), 1491. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.6.1491>
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>
- Cyr, A. A., & Anderson, N. D. (2018). Learning from your mistakes: does it matter if you're out in left foot, I mean field? *Memory*, 26(9), 1281–1290. <https://doi.org/10.1080/09658211.2018.1464189>
- Duchon, A., Perea, M., Sebastián-Gallés, N., Martí, A., & Carreiras, M. (2013). EsPal: One-stop shopping for Spanish word properties. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1246–1258. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0326-1>
- Fernández, A., Díez, E., & Alonso, M. A. (2010). Normas de Asociación libre en castellano de la Universidad de Salamanca [Base de datos online]. *Recuperado de* https://iblues-inico.usal.es/iblues/nalc_home.php
- Flavell, J.H. & Wellman, H.M. (1977). Metamemory. En R.V. Kail y J.W. Hagen (Eds.). *Perspectives on the development of memory and cognition*. Lawrence Erlbau: New Jersey
- Huelser, B. J., & Metcalfe, J. (2012). Making related errors facilitates learning, but learners do not know it. *Memory & Cognition*, 40(4), 514-527. <https://doi.org/10.3758/s13421-011-0167-z>
- Iwaki, N., Matsushima, H., & Kodaira, K. (2013). Hypercorrection of High Confidence Errors in Lexical Representations. *Perceptual and Motor Skills*, 117(1), 219-235. <https://doi.org/10.2466/27.22.PMS.117x13z7>
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319, 966-968. <https://doi.org/10.1126/science.1152408>

- Kornell, N., & Bjork, R. A. (2009). A Stability Bias in Human Memory: Overestimating Remembering and Underestimating Learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(4), 449–468. <https://doi.org/10.1037/a0017350>
- Kornell, N., Hays, M. J., & Bjork, R. A. (2009). Unsuccessful retrieval attempts enhance subsequent learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(4), 989–998. <https://doi.org/10.1037/a0015729>
- Landauer, T. K., & Dumais, S. T. (1997). A Solution to Plato's Problem: The Latent Semantic Analysis Theory of Acquisition, Induction, and Representation of Knowledge. *Psychological review*, 104 (2), 211. <https://doi.org/10.1037//0033-295X.104.2.211>
- Melton, A. W., & Irwin, J. M. (1940). The influence of degree of interpolated learning on retroactive inhibition and the overt transfer of specific responses. *The American Journal of Psychology*, 53(2), 173–203.
- Metcalfe, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68(1), 465–489. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022>
- Metcalfe, J., Butterfield, B., Habeck, C., & Stern, Y. (2012). Neural Correlates of People's Hypercorrection of Their False Beliefs. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(7), 1571–1583. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00228
- Metcalfe, J., & Kornell, N. (2007). Principles of cognitive science in education: The effects of generation, errors, and feedback. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 225–229. <https://doi.org/10.3758/BF03194056>
- Metcalfe, J., Kornell, N., & Finn, B. (2009). Delayed versus immediate feedback in children's and adults' vocabulary learning. *Memory & Cognition*, 37(8), 1077–1087. <https://doi.org/10.3758/MC.37.8.1077>
- Metcalfe, J., & Miele, D. B. (2014). Hypercorrection of high confidence errors: Prior testing both enhances delayed performance and blocks the return of the errors. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3(3), 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2014.04.001>
- Metcalfe, J., & Shimamura, A. P. (Eds.). (1994). *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge, MA, US: The MIT Press
- Pashler, H., Cepeda, N. J., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2005). When Does Feedback Facilitate Learning of Words? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(1), 3–8. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.1.3>

- Peirce, J. W., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M. R., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., Lindeløv, J. (2019). PsychoPy2: experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- Postman, L., & Underwood, B. J. (1973). Critical issues in interference theory. *Memory & Cognition*, *1*(1), 19-40. <https://doi.org/10.3758/bf03198064>
- Pyc, M. A., & Rawson, K. A. (2010). Why Testing Improves Memory: Mediator Effectiveness Hypothesis. *Science*, *330*(6002), 335-335. <https://doi.org/10.1126/science.1191465>
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2007). Increasing retention without increasing study time. *Current Directions in Psychological Science*, *16*(4), 183-186. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1467-8721.2007.00500.x>
- RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com>
- Skinner, B. F. (1953). *Science and Human Behavior*. New York: Simon and Schuster.
- Slamecka, N. J., & Fevreski, J. (1983). The generation effect when generation fails. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *22*(2), 153-163. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(83\)90112-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(83)90112-3)
- Slamecka, N. J., & Graf, P. (1978). The generation effect: Delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *4*(6), 592-604. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.4.6.592>
- Son, L. K. (2004). Spacing one's study: Evidence for a metacognitive control strategy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, *30*(3), 601-604. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.3.601>
- Stevenson, H., y Stigler, J. W. (1994). *Learning gap: Why our schools are failing and what we can learn from Japanese and Chinese Education*. New York: Simon & Schuster.
- Wahlheim, C. N., & Jacoby, L. L. (2013). Remembering change: The critical role of recursive reminders in proactive effects of memory. *Memory & Cognition*, *41*(1), 1-15. <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0246-9>
- Wickham, H (2017). tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'. R package version 1.2.1. <https://cran.r-project.org/web/packages/tidyverse>

ANEXOS

Anexo 1. Listas de pares de palabras.

Tabla 1.

Pares de palabras relacionadas semánticamente.

	Clave	Objetivo		Clave	Objetivo
1	pavor	pudor	55	pobreza	impotencia
2	trabajo	estudio	56	oxígeno	pureza
3	armonía	calma	57	pestaña	deseo
4	ayuda	ordenador	58	feria	arte
5	respaldo	seguridad	59	distancia	carretera
6	coche	libertad	60	vestido	cuerpo
7	constipado	malestar	61	poder	fortuna
8	dinero	felicidad	62	fuerza	valor
9	dolor	corazón	63	ardilla	rapidez
10	visión	objetivo	64	chiste	pesado
11	pena	desgracia	65	enredo	locura
12	grande	pelota	66	flecha	manzana
13	amigo	perro	67	piano	elegancia
14	noche	descanso	68	caracol	escalera
15	asiento	conductor	69	ceniza	incendio
16	malo	actitud	70	áfrica	nombre
17	general	autoridad	71	alegría	bondad
18	taburete	barra	72	lucha	deporte
19	perfume	esencia	73	geometría	círculo
20	chaleco	cuero	74	cuerno	vaca
21	melodía	ritmo	75	salud	hospital
22	percepción	memoria	76	abuelo	cariño
23	ejército	uniforme	77	unión	matrimonio
24	vídeo	recuerdo	78	canela	vainilla
25	entretenimiento	lectura	79	capa	torero
26	teatro	mentira	80	votación	constitución
27	guante	bufanda	81	cable	corriente

28	móvil	dependencia	82	juguete	muñeca
29	rueda	invento	83	gusto	boca
30	soledad	habitación	84	abono	planta
31	espacio	futuro	85	golf	campo
32	alcohol	cerveza	86	alumno	colegio
33	vela	calor	87	crecimiento	niño
34	montaña	paisaje	88	gorro	cabeza
35	humano	ciencia	89	ciervo	monte
36	religión	monja	90	pulga	picadura
37	origen	mundo	91	postre	tarta
38	inanición	principio	92	lino	ropa
39	espejo	bruja	93	ratón	miedo
40	maleta	aeropuerto	94	enfermera	inyección
41	guerra	bomba	95	relajación	tranquilidad
42	valla	propiedad	96	trama	argumento
43	lágrima	sentimiento	97	rana	estanque
44	prefijo	lengua	98	opinión	idea
45	violencia	calle	99	estereotipo	prejuicio
46	desesperanza	ansiedad	100	cumpleaños	edad
47	baño	toalla	101	gorrión	paloma
48	altura	riesgo	102	pausa	silencio
49	delito	culpa	103	pared	muro
50	cultura	inteligencia	104	desván	casa
51	labor	obra	105	tren	velocidad
52	casco	soldado	106	robo	joya
53	bienestar	riqueza	107	vanidad	orgullo
54	regalo	color	108	caballo	blanco

Nota. Pares de palabras extraídas desde la base de datos de la NALC – Normas de Asociación libre en castellano de la Universidad de Salamanca (Fernández, Díaz y Alonso, 2010)

Tabla 2.

Pares de palabras no-relacionadas semánticamente.

	Clave	Objetivo		Clave	Objetivo
1	humillación	género	55	impotencia	contexto
2	renuncia	alegoría	56	impureza	competencia
3	aberración	serenidad	57	impulso	peligro
4	consejo	desgana	58	disparate	capacidad
5	inseguridad	inducción	59	exaltación	rumbo
6	desagrado	habilidad	60	fracaso	malestar
7	trivialidad	clasificación	61	descaro	poder
8	excepción	pacto	62	interés	pérdida
9	maldición	olvido	63	prevención	rapidez
10	causalidad	desdicha	64	ironía	aptitud
11	compasión	jerga	65	locura	eliminación
12	comparación	incremento	66	magnitud	dirección
13	determinación	instancia	67	destreza	emancipación
14	contribución	soberbia	68	mente	percepción
15	coste	aversión	69	confusión	pacifismo
16	criterio	actitud	70	nombre	vocación
17	ligereza	autoridad	71	obediencia	exactitud
18	calamidad	diversidad	72	obsesión	situación
19	deducción	esencia	73	papelera	cebolla
20	difusión	esperanza	74	detergente	astronauta
21	interrupción	temporada	75	biberón	lavabo
22	rareza	memoria	76	hombro	volcán
23	elaboración	creencia	77	corbata	tenedor
24	timo	recuerdo	78	autopista	catedral
25	episodio	pluralidad	79	selva	látigo
26	excusa	merced	80	bandera	trompeta
27	aclaración	conflicto	81	vaso	pino
28	dependencia	creador	82	sopa	cisne
29	invención	crítica	83	biblioteca	patata

30	desamparo	gala	84	hierba	diccionario
31	predicción	traición	85	sofá	servilleta
32	permiso	discreción	86	serpiente	uña
33	anhelo	burocracia	87	botón	laurel
34	legado	prestigio	88	ascensor	carpeta
35	hipótesis	oportunidad	89	zanahoria	discoteca
36	privilegio	milagro	90	cementerio	cascada
37	origen	singularidad	91	bicicleta	peine
38	principio	malicia	92	pozo	camisón
39	falta	sentencia	93	barba	candado
40	propuesta	cualidad	94	jaula	microscopio
41	ocupación	indicio	95	chimenea	vinagre
42	sucesión	propiedad	96	cordero	despertador
43	culto	sentimiento	97	tomate	cactus
44	sensación	longitud	98	postal	locomotora
45	similitud	crueldad	99	mosca	alfiler
46	diferencia	crisis	100	baúl	mantel
47	suplicio	transgresión	101	baloncesto	bañador
48	problema	riesgo	102	mariposa	almendra
49	unificación	culpa	103	chicle	bostezo
50	irrealidad	inteligencia	104	lazo	anís
51	mantenimiento	expresión	105	cobre	peseta
52	cautela	pensamiento	106	abeja	pupila
53	bienestar	igualdad	107	nuca	bombilla
54	nostalgia	exclusión	108	tambor	delantal

Nota. Palabras extraídas del repositorio de EsPal (Duchon, Perea, Sebastián-Gallés, Martí y Carreiras, 2013) y emparejadas de manera aleatoria.