

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## La carga de procesamiento no facilita el acceso a la cantidad en tareas de codificación

Processing load does not facilitate access to quantity in coding tasks

Javier García-Orza<sup>1</sup> , Ana Calviño<sup>1</sup> , Patricia Carratalá Cepedal<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad de Málaga, España.

<sup>2</sup> Universidad Laboral. Málaga, España.

**Forma de citar:** García-Orza, J., Calviño, A., & Carratalá Cepedal, P. (2024). La carga de procesamiento no facilita el acceso a la cantidad en tareas de codificación. *Rev. CES Psico*, 17(2), 118-127. <https://dx.doi.org/10.21615/cesp.6609>

### Resumen

El presente estudio analiza hasta qué punto las representaciones de cantidad asociadas a los números arábigos (e.g., 7) influyen en su propio reconocimiento. La existencia de respuestas más rápidas cuanto mayor es la distancia numérica entre pares de dígitos en tareas perceptivas (e.g., ¿son iguales 5 y 9?; ¿es 9 un 5?) ha sido la principal evidencia a favor de la automaticidad del acceso a las representaciones de cantidad y, por tanto, de la influencia de procesos *top-down* sobre el reconocimiento de dígitos. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que cuando se incluye como predictor la similitud perceptiva entre los dígitos, el efecto de distancia deja de ser predictor válido en tareas que analizan procesos visuales tempranos como la codificación e identificación, siendo la distancia relevante sólo cuando la tarea es más tardía y demanda conocimiento cuantitativo (e.g., ¿qué número es mayor/menor entre 5 y 9?). Añadiendo una nueva variable a la cuestión, la carga de procesamiento, se ha encontrado que las representaciones de cantidad intervienen en la etapa de identificación, pero sólo cuando aparecen múltiples estímulos. La presente investigación plantea si aumentar la carga de procesamiento en la fase más temprana del proceso perceptivo, la codificación, concederá también un papel a la distancia numérica. Veinte participantes debían decidir si dos dígitos presentados simultáneamente eran iguales o diferentes bajo dos condiciones, una con carga perceptiva (dígitos flanqueados por símbolos) y otra sin carga (sólo los dígitos). Los resultados muestran que en ambas condiciones el factor predictivo era la similitud perceptiva. La carga de procesamiento perceptivo, a pesar de aumentar los tiempos globales de respuesta, no modificó el valor de los predictores.

**Palabras clave:** cognición numérica; procesamiento numérico; reconocimiento visual; percepción; semántica; procesos de codificación.

### Abstract

The present study examines the extent to which quantity representations associated with Arabic numerals (e.g., 7) influence how these numbers are recognised. The existence of faster responses in perceptual tasks (e.g., are 5 and 9 the same? is the following stimuli the number 5?) when the numerical distance between digit pairs is greater has thus far been the main evidence in favour of the automaticity of access to quantity representations and, therefore, of the influence of top-down processes on digit recognition. However, recent studies have shown that when perceptual similarity between digits is included as a predictor, the distance effect ceases to be a valid predictor in tasks that analyse early visual processes such as encoding and identification, with distance being relevant only when the task is later and requires quantitative knowledge (e.g., which number is larger/smaller between 5 and 9?). By adding a new variable to the question, that of processing load, it has been found that quantity representations intervene in the identification stage but only when multiple stimuli appear. The present study asks whether increasing the processing load at the earliest stage of the perceptual process, encoding, also grants a role to numerical distance. Twenty participants were asked to decide

Fecha correspondencia:

Recibido: febrero 14 de 2022.

Aceptado: agosto 15 de 2023.

DOI: 10.21615/cesp.6609

ISSNe: 2011-3080

<https://revistas.ces.edu.co/index.php/psicologia>



whether two simultaneously presented digits were the same or different, this under two conditions: in the load condition digits were flanked by symbols, in the no-load condition only the two single-digits were presented. Results were similar in both load conditions: perceptual similarity was the only valid predictor. Although perceptual load caused an increase in overall response times, it did not modify the predictive value of similarity and numerical distance.

**Keywords:** numerical cognition; numerical processing; visual recognition; perception; semantics; encoding processes.

## Introducción

Se ha postulado que el procesamiento visual de números arábigos o dígitos (e.g., 8), implicaría una sucesión de diferentes procesos perceptivos y asociativos (e.g., Dehaene & Akhavein, 1995; García-Orza et al., 2010; García-Orza & Perea, 2011; McCloskey, 1992). Estos procesos, que, según algunos autores, serían análogos a los que ocurren con las letras (e.g., Grainger & Hannagan, 2014; Kinoshita & Lagoutaris, 2010; McCloskey & Schubert, 2014), se iniciarían con el proceso de codificación en el que, tras un análisis de los rasgos básicos, se realiza una representación de la forma del estímulo, en este caso, un dígito. Posteriormente, esta representación es emparejada con la representación abstracta de los números arábigos almacenada en la memoria, dando lugar al proceso de identificación. Finalmente, en el caso de los números arábigos de una cifra, se producirá el acceso al significado, esto es, a la representación de la cantidad expresada por el mismo. Asociados a estos pasos en el procesamiento suelen identificarse diferentes tareas, así la copia o la capacidad para emparejar formas similares (e.g., ¿son iguales estos estímulos?) se considera un indicador de un proceso de codificación inicial intacto; la capacidad para identificar estaría más asociada con la habilidad para decidir si la forma presentada es un elemento familiar, un símbolo conocido, incluso un número arábigo concreto (e.g., ¿es un 5?); por último, para evaluar el acceso al significado del dígito, a la cantidad asociada a él, se suele usar la tarea de comparación de cantidades (e.g., indica cuál es el mayor de los dos números, o decide si el número que te presento es mayor que, por ejemplo, el 5).

Sin embargo, de acuerdo con estudios clásicos, los procesos antes descritos estarían influenciados por procesos superiores, de manera que cuando se presentan dígitos la activación de la representación de cantidad sería tan automática que incluso en tareas de comparación perceptiva habría efectos del acceso al significado de los números, es decir, del acceso a la cantidad (e.g., Dehaene & Akhavein, 1995; Ganor-Stern & Tzelgov, 2008). Una evidencia a favor de esta visión la proporcionan estudios que muestran que los tiempos de respuesta en tareas de este tipo son función de la distancia numérica entre ellos. Así, por ejemplo, Dehaene y Akhavein (1995) pidieron a sus participantes que decidieran si los dos símbolos que les presentaban (pares de números arábigos, pares de números en palabra, es decir, numerales, o pares mixtos: un dígito y un numeral) representaban la misma cantidad, una tarea semántica, o si tales pares eran físicamente idénticos, una tarea de codificación puramente perceptiva. El efecto de distancia numérica aparecía en la tarea mixta, o numérica, como era de esperar, pero también en la tarea perceptiva cuando los dos símbolos tenían la misma notación (pares de dígitos o pares de numerales). De esto concluyen que el procesamiento de la cantidad sería tan inevitable, tan automático, que se activaría incluso en tareas de índole perceptiva. Esta visión encaja además con estudios previos y posteriores en los que, si bien no se demandaba la activación del significado de números arábigos, se evidenciaba influencia de estos en la ejecución de los participantes (ver García-Orza et al., 2016; Henik & Tzelgov, 1982; Pavese & Umiltá, 1998; Van Opstal et al., 2011).

A pesar de estos datos, evidencias recientes han venido a cuestionar la implicación de la semántica numérica en tareas de codificación e identificación. Cohen (2009), inicialmente, mostró que la similitud perceptiva entre los dígitos y la distancia numérica correlacionan en el caso de los números arábigos, sugiriendo que la relación entre tiempos de respuesta y distancia descrita en estudios anteriores podría ser espuria. Posteriormente, en distintas investigaciones, Cohen y otros autores, preguntaron a los participantes si el dígito que se presentaba era un 5 o no (tarea de identificación), y encontraron que la similitud perceptiva, por ejemplo, entre 3 y 5, era mejor predictor del tiempo de respuesta que la distancia numérica (Cohen, 2009; García-Orza, et al., 2012; Wong & Szűcs, 2013). Similar resultado ha sido reportado por Zhang et al. (2018) usando una tarea de codificación en la que los participantes debían decidir si los dos estímulos (números arábigos) presentados eran

iguales o diferentes. En concreto, encontraron que el efecto predictor de la similitud perceptiva era aún mayor si los dígitos a comparar se presentaban de forma simultánea, en comparación con una presentación sucesiva. Adicionalmente, encontraron que en las mismas condiciones si la tarea era decidir qué dígito numeral era mayor, es decir, un juicio cuantitativo, el único predictor era la distancia numérica. De estos resultados se deriva que la activación de las cantidades no es tan automática como se pensaba, sino dependiente de la naturaleza de la tarea. Así en tareas en las que se demanda explícitamente juicios de cantidad la ejecución depende principalmente del valor de los números, mientras que, en tareas más perceptivas, de codificación y de identidad, la variable determinante es el parecido o similitud perceptiva entre los dígitos (Zhang et al., 2018), negando así una influencia *top-down* de las representaciones de cantidad.

Sin embargo, un nuevo giro a estas conclusiones lo proporcionan Cohen y colaboradores (Blanc-Goldhammer & Cohen, 2014; Cohen & Quinlan, 2016, 2019) al preguntarse hasta qué punto los procesos de acceso a la identidad y a la cantidad son limitados en capacidad. Específicamente se preguntaron si la implicación de procesos perceptivos o semánticos en el procesamiento de dígitos variaría no solo en función de la naturaleza de la tarea, como indican los estudios anteriores, sino también en función de la demanda de recursos cognitivos de la misma. Para responder esta pregunta, decidieron emplear un paradigma clásico en el que se presentan brevemente cuatro ítems en los vértices de un cuadrado imaginario, bien de forma simultánea bien sucesiva (primero una diagonal y luego la otra empleando diferentes intervalos entre una y otra). En concreto, para evaluar la limitación en el proceso de identificación pidieron a los participantes que indicaran si el dígito "5" estaba entre los cuatro números arábigos presentados en ese cuadrado (Cohen & Quinlan, 2019), mientras que para evaluar el acceso a la cantidad preguntaban al participante en qué diagonal estaba el número mayor (Blanc-Goldhammer & Cohen, 2014). Presentar más ítems, en contraposición a uno o dos, como en estudios anteriores, supone aumentar en general la carga de la tarea, mientras que presentarlos de forma sucesiva o secuencial tiene el objetivo de distinguir si el procesamiento es limitado en capacidad, en cuyo caso el rendimiento en la presentación sucesiva (menos ítems a la vez) sería mejor, o si es ilimitado, en cuyo caso el rendimiento sería similar en las presentaciones simultánea y sucesiva. En la tarea de cantidad, en la que se demanda que los participantes decidan dónde está el mayor, Blanc-Goldhammer y Cohen (2014) volvieron a encontrar que la distancia numérica era el mejor predictor del rendimiento, y no hallaron diferencias entre la tarea simultánea y sucesiva. En contraposición, en la tarea de identidad encontraron efectos del parecido perceptivo, pero, y esto es lo más novedoso, también de la distancia numérica; y al contrastar la presentación sucesiva con la simultánea, hallaron que el rendimiento fue mejor en la primera. Por tanto, sugieren que el acceso a la identidad es un proceso atencionalmente limitado, pero el acceso al significado sería atencionalmente ilimitado. En otras palabras, de estos estudios concluyen que las representaciones de cantidad intervendrían en la etapa de identificación cuando esta se ve sobrecargada (hay múltiples ítems), pero no cuando no lo está, es decir, cuando se presentan uno o dos ítems (Blanc-Goldhammer & Cohen, 2014; Cohen & Quinlan, 2019).

En el presente estudio nos preguntamos hasta qué punto en el proceso de codificación se da el patrón hallado por Cohen y colaboradores en el proceso de identificación. La cuestión es si aumentar la carga de procesamiento en una tarea de codificación modificará el papel de la distancia numérica y hará que, como ocurre en el proceso de identificación, pase ahora a jugar un papel modulador junto con la similitud perceptiva. Con este objetivo en mente, a diferencia del paradigma empleado por Cohen y Quinlan (2019) para sobrecargar el procesamiento, hemos empleado un paradigma en el que los dos dígitos sobre los que se debe hacer un juicio de identidad se incluyen entre otros símbolos. Dado que la tarea que se pide a los sujetos es sencilla, se espera, en línea con la teoría de la carga atencional, que los distractores sean procesados, aumentando así la demanda atencional de la tarea frente a una condición sin distractores (e.g., ver Lavie, 2010). Así, se pidió a los participantes que decidieran si los dígitos que se presentaban en la pantalla eran iguales o diferentes y esto lo hacían bajo dos condiciones: en la condición con carga los números aparecían flanqueados por símbolos no alfanuméricos; en la condición sin carga solo aparecían los números arábigos a comparar. Si el proceso de codificación de los números arábigos es un proceso puramente guiado por variables

perceptivas esperamos que en ambas tareas el único predictor del rendimiento sea la similitud física entre los dígitos. Por el contrario, si la sobrecarga satura el proceso perceptivo, es decir, está informacionalmente limitado, entonces esperamos que la distancia numérica, definida por Cohen y Quinlan (2019) como informacionalmente ilimitada, influya también en la tarea.

## Método

Se realizó un estudio experimental en el que un grupo de estudiantes universitarios debía decidir si los dos números presentados, uno a cada lado de la pantalla, eran iguales o no. Siguiendo un diseño de medidas repetidas todos los sujetos debían realizar la tarea en una condición sin carga (sólo números) o con carga perceptiva (números flanqueados por letras). Posteriormente se analizó el valor predictivo de las variables numérica (distancia numérica) y perceptiva (similitud perceptiva) sobre los tiempos de respuesta en cada una de las condiciones de la tarea.

## Participantes

Se realizó un muestreo no-probabilístico por conveniencia. De esta forma tomaron parte en el experimento 20 estudiantes universitarios (11 hombres) con edades entre 18 y 27 años ( $M = 22.8$ ,  $DT = 2.87$ ). Como criterio de inclusión se estableció que fueran personas sanas, nativos de español, idioma en el que se desarrolló el estudio. Se consideró criterio de exclusión haber recibido un diagnóstico de dificultades de aprendizaje. En el momento del experimento todos tenían visión normal o usaban gafas o lentillas. Ninguno de los participantes conocía *a priori* el objetivo teórico del experimento, y todos participaron de forma voluntaria. El estudio se realizó siguiendo las directrices actualizadas de la declaración de Helsinki y con la aprobación del Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Málaga (CEUMA). De forma previa a la realización del experimento se obtuvo el consentimiento informado de cada participante.

## Materiales

Se construyeron pares de números arábigos a partir de todas las combinaciones posibles de los números del 1 al 9. Posteriormente se elaboró una lista con 144 pares iguales (e.g., 7 vs. 7), incluyendo cada uno de los 9 pares 16 veces, y 144 pares diferentes (e.g., 7 vs. 9), incluyendo cada una de las 36 posibles combinaciones 4 veces, 2 con el número mayor primero y otras 2 con el número mayor en segundo lugar. Para la condición de carga perceptiva, cada dígito de cada par estaba acompañado por caracteres no alfanuméricos (e.g., -;6ç! - ;9ç!) mientras que en la condición sin carga perceptiva aparecían solo los dígitos (e.g., 6 9).

## Procedimiento

Los participantes fueron evaluados en pequeños grupos en una gran sala aislada del ruido y equipada con diferentes puestos de trabajo separados por mamparas. Los participantes se sentaban a una distancia aproximada de 60 cm de un monitor de 19 pulgadas. La presentación de los estímulos, así como los tiempos de respuesta, fueron controlados usando el programa E-prime (versión 2; Schneider et al., 2012). Se pidió a los participantes que decidieran si los dígitos que aparecían en la pantalla, uno a cada lado, eran iguales o no. La mitad de los participantes debía presionar la tecla "M" si los dígitos presentados eran iguales y la tecla "Z" si eran diferentes. Las teclas de respuesta se invirtieron para la otra mitad de los participantes para evitar posibles efectos de compatibilidad espacial. Cada ensayo experimental estaba constituido por la siguiente secuencia: un punto de fijación (+) durante 500ms, luego se presentaba el par de dígitos, uno a cada lado de la pantalla, en fuente Courier New tamaño 12 puntos durante un máximo de 2500 ms o hasta que el participante emitiera una respuesta. En los ensayos, el tamaño de los dígitos era de unos 10 mm de alto y 7,5 mm de ancho. El experimento consistió en dos bloques separados de 12 ensayos prácticos y 288 ensayos experimentales (144 pares iguales y 144 pares diferentes). En el bloque "con carga", los dígitos iban acompañados de dos signos alfanuméricos uno a cada lado, mientras que en el bloque "sin carga" sólo aparecían los números arábigos. La mitad de los participantes realizó primero la condición con carga de procesamiento perceptivo mientras que la otra mitad realizó primero la condición sin carga, de esta forma se bloquearon posibles efectos relacionados

con el orden de la tarea. Entre cada bloque había un descanso de unos minutos. En cada bloque los dígitos del 1 al 9 aparecieron el mismo número de veces, los ensayos se presentaban de forma aleatoria para cada participante y se incluyó un descanso cada 80 ensayos realizados.

## Análisis de datos

Las variables dependientes empleadas en el estudio fueron la proporción de errores y los tiempos empleados en las respuestas correctas, eliminándose en estos últimos los tiempos inferiores a 300 (anticipaciones) y superiores a 1000 (2.58%).

Para los análisis se utilizó el programa JASP (Versión 0.14, JASP Team, 2020) y se realizaron simultáneamente análisis de tipo frecuentista y bayesiano. La ventaja de estos últimos es que en el caso de no encontrarse efectos significativos pueden proporcionar una indicación de hasta qué punto hay evidencia favorable a la hipótesis nula y no simplemente rechazar la hipótesis alternativa (e.g., Dienes, 2014). El factor Bayes para cada efecto se calculó comparando modelos que contenían el efecto con modelos equivalentes sin ese factor. De esta forma proporcionamos evidencia para la inclusión de cada factor y de la interacción en el modelo. Siguiendo la notación habitual, se reportan los valores de  $BF_{10}$  como cuantificación del apoyo a la variable alternativa y  $BF_{01}$  como cuantificación del apoyo a la hipótesis nula. Así, por ejemplo, un  $BF_{10} = 10$  implica que la hipótesis alternativa es 10 veces más probable que la nula, mientras que un  $BF_{01} = 10$  supone que la hipótesis nula es 10 veces más probable que la hipótesis alternativa. Valores de BF entre 3 y 10 se consideran evidencia moderada, superiores a 10 se consideran evidencia fuerte (e.g., van Doorn et al., 2021).

Inicialmente se estudió el papel de la carga de procesamiento perceptivo en ambos tipos de pares (igual vs diferente) sobre el rendimiento general en la tarea (tiempos de respuesta y errores), con el objetivo de verificar si en la condición con carga, tal y como se pretendía, se produce un peor rendimiento. Posteriormente, con el objetivo de identificar si las decisiones en la tarea se basan más en la información perceptiva o en la semántica, y si este uso está modulado por la carga, se realizó para cada sujeto en cada condición un análisis de regresión sobre los tiempos de respuesta ante los ítems de pares diferentes (tal análisis no se realizó sobre los errores dado su escaso número, 2.5%). Como predictores en esta regresión se incluyeron simultáneamente la distancia numérica, medida con la función de Welford (1960):  $\text{LOG} [n^{\circ} \text{ mayor} / (n^{\circ} \text{ mayor} - n^{\circ} \text{ menor})]$  (e.g., ver Cohen, 2009) y la similitud perceptiva entre cada par de números. Este último predictor fue calculado a partir de los juicios de 40 estudiantes universitarios que no habían participado en el experimento y a quienes se les pidió que valoraran en una escala Likert del 1 al 9 el parecido perceptivo en cada una de las combinaciones posibles de números entre el 1 y el 9 (ver Wong & Szűcs, 2013, para un procedimiento similar). En consecuencia, se realizaron 20 análisis de regresión para la condición con carga y otros 20 para la condición sin carga. Los coeficientes de regresión estandarizados ( $\beta$ ) de cada predictor en las condiciones con y sin carga se compararon mediante pruebas t frecuentistas y bayesianas con un valor de 0, como procedimiento para evaluar si la variable realizaba una aportación significativa en la predicción de los tiempos de respuesta (ver Lorch & Myers, 1990, Method 3). Adicionalmente, tales coeficientes de regresión fueron sometidos a un ANOVA de medidas repetidas con el predictor (similitud vs distancia) y la condición (sin carga, con carga) como factores repetidos, con el objetivo de establecer si la condición de carga modula la relación entre el valor predictivo de la distancia numérica y la similitud perceptiva. Recordemos que si los hallazgos de Cohen y Quinlan (2019), que sugieren que el acceso a la cantidad sería un proceso de capacidad ilimitado, se extendieran al proceso de codificación, entonces debería encontrarse en la condición de carga una mayor influencia de la distancia numérica y menor del parecido perceptivo.

## Resultados

En la [Tabla 1](#) se presentan el porcentaje de errores y los tiempos de respuesta empleados en las condiciones con y sin carga en los pares iguales y diferentes. Se realizaron ANOVAs de medidas repetidas sobre la media de los errores y los tiempos de respuesta de cada sujeto con las variables tipo de pares (igual vs. diferente) y carga (con vs. sin) como factores. El ANOVA sobre los errores mostró efectos principales del factor tipo de pares,

$F(1,19) = 15.08$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = 0.44$ ,  $BF_{10} = 601.6$ , que indican mayor número de errores en los pares iguales. No hubo efecto del factor carga ( $F < 1$ ,  $BF_{01} = 3.16$ ) ni interacción de éste con tipo de pares ( $F < 1$ ,  $BF_{01} = 3.61$ ), en ambos casos el análisis bayesiano proporcionó evidencia moderada a favor de la hipótesis nula de la ausencia de diferencias.

El análisis sobre los tiempos de respuesta indicó que, en general, los tiempos en la tarea con carga ( $M = 582$  ms,  $SD = 62$ ) fueron mayores que en la tarea sin carga ( $M = 529$  ms,  $SD = 52$ ), mostrando así la efectividad de esta manipulación,  $F(1, 19) = 50.18$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = 0.72$ ,  $BF_{10} = 3.25 \times 10^9$ . La diferencia entre los pares diferentes ( $M = 560$  ms,  $SD = 59$ ) e iguales ( $M = 551$  ms,  $SD = 55$ ) no fue significativa,  $F(1, 19) = 2.27$ ,  $p > .15$ ,  $\eta_p^2 = 0.11$ ,  $BF_{01} = 1.58$ . La interacción entre los dos factores tampoco resultó significativa,  $F(1, 19) = 2.99$ ,  $p > .1$ ,  $\eta_p^2 = 0.14$ ,  $BF_{01} = 2.25$ .

**Tabla 1.** Medias y desviaciones típicas de los errores y los tiempos de respuesta en las condiciones sin carga y con carga para los pares iguales y diferentes.

Carga	Tipo de Pares	% Medio Errores	Desviación Típica Errores	Media TR	Desviación Típica TR
Sin carga	Diferentes	1.7	0.9	537	58
	Iguales	3.3	2.3	522	47
Con carga	Diferentes	2.0	1.6	584	60
	Iguales	3.5	2.5	581	63

**Nota:** TR: tiempos de respuesta.

Con el objetivo de poner a prueba la hipótesis de este estudio, en cada condición de carga y para cada sujeto se realizaron análisis de regresión con los tiempos de respuesta correctos ante pares diferentes como variable dependiente, y la similitud perceptiva y la distancia numérica como predictores. La media de los coeficientes de regresión estandarizados se presenta en la [Tabla 2](#) y en la [Figura 1](#) se incluye una representación gráfica de los mismos. El análisis de regresión en la condición sin carga mostró una contribución significativa de la similitud,  $t(19) = 3.5$ ,  $p = .002$ ,  $d = 0.78$ ,  $BF_{10} = 17.3$ , y ausencia de efectos de la distancia numérica,  $t(19) = 0.48$ ,  $p = .64$ ,  $d = -0.11$ ,  $BF_{01} = 3.88$ . Los resultados para la condición con carga mostraron un patrón similar, diferencias con un valor de 0 para el predictor similitud,  $t(19) = 3.43$ ,  $p = .003$ ,  $d = 0.77$ ,  $BF_{10} = 15.04$ , y sin diferencias para el predictor distancia numérica,  $t(19) = 0.38$ ,  $p = .71$ ,  $d = -0.08$ ,  $BF_{01} = 4.04$ .

**Tabla 2.** Medias de los coeficientes de regresión estandarizados en las condiciones Sin carga y Con carga para los predictores de distancia numérica (calculada con la fórmula de Welford) y de parecido perceptivo (Similitud).

Condición	Predictor	Media (B)	Desviación Típica
Sin carga	Distancia (Welford)	-,0079	,0741
	Similitud	,0911	,1163
Con carga	Distancia (Welford)	-,0100	,1185
	Similitud	,1055	,1375

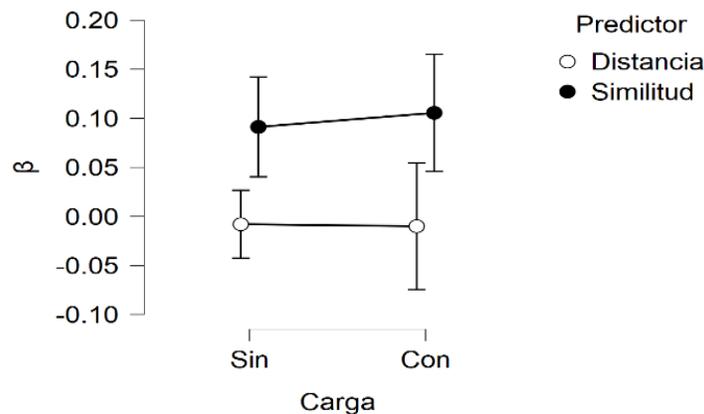
Se ha hipotetizado que el aumento en la carga favorecería mayor intervención de la distancia (procesamiento no limitado en capacidad). Para evaluar esta hipótesis se realizó un ANOVA de medidas repetidas con los coeficientes de regresión estandarizados como variable dependiente y con el tipo de predictor (distancia, similitud) y la carga (sin carga, con carga) como factores. Dado que los coeficientes de regresión tienen valores positivos y negativos, los efectos principales de carga y tipo de predictor no son interpretables, pero sí su interacción, que es la que proporciona la información sobre la modulación del cambio en los predictores con la

carga. La interacción entre la carga y el tipo de predictor no fueron significativos,  $F < 1$ , mostrando el análisis bayesiano,  $BF_{01} = 2.93$ , que la hipótesis nula de ausencia de diferencias, sería casi tres veces más probable que la existencia de efectos diferenciales de la carga sobre cada uno de los predictores. Es decir, la carga no parece modular la relación entre los predictores, con y sin carga sigue siendo la similitud perceptiva mejor predictor del rendimiento en la tarea.

## Discusión y Conclusiones

La influencia de los procesos superiores durante el reconocimiento visual constituye un área clásica de estudio en la psicología cognitiva. En el estudio del reconocimiento de números arábigos, investigaciones recientes que incorporan tareas de identificación (¿aparece algún 5?) han mostrado que en condiciones de mayor carga cognitiva se produce influencia de la semántica numérica (Cohen & Quinlan, 2019). En este estudio se ha puesto a prueba si durante el proceso de codificación, que es aún más temprano que el de identificación, se dan similares procesos de influencia de la información *top-down*. En concreto, se solicitó a los participantes que decidieran si dos dígitos presentados simultáneamente uno al lado del otro eran iguales o diferentes; después se analizó el valor que como predictores del rendimiento en la tarea tenían la similitud perceptiva y la distancia numérica entre los dígitos bajo una condición de carga perceptiva (e.g., -;6¿! -;9¿!) y bajo una sin carga (e.g., 6 9).

Los resultados son claros: con carga y sin carga de procesamiento perceptivo, el único predictor significativo de los tiempos de respuesta, como indican las pruebas t con valor de referencia 0, fue la similitud perceptiva. Por el contrario, no mostraron diferencias significativas con tal valor los coeficientes de regresión de la distancia numérica, medida con la función de Welford. Además, como indica la ausencia de interacción en el ANOVA, este patrón de influencia de los predictores distancia y similitud no cambió en función de la carga perceptiva. A continuación, comentamos estos resultados y describimos las implicaciones teóricas de los mismos.



**Nota:** Las barras indican el intervalo de confianza al 95%.

**Figura 1.** Valores medios de los coeficientes de regresión estandarizados ( $\beta$ ) para los predictores distancia numérica y similitud perceptiva en las dos condiciones de carga.

En primer lugar, debe señalarse que, en la condición sin carga perceptiva, el hallazgo de efectos exclusivos de la similitud perceptiva y ausencia de efectos de la distancia, coincide con los resultados de un estudio previo en el que usando la misma tarea se analizó el proceso de codificación (ver Zhang et al., 2018).

En segundo lugar, y más importante para el objetivo de este estudio, es conveniente indicar que, si las tesis de Cohen y cols. (Blanc-Goldhammer & Cohen, 2014; Cohen & Quinlan, 2016, 2019), que sugieren que las representaciones de cantidad intervendrían en la etapa de identificación de dígitos cuando esta se ve

sobrecargada, fueran extrapolables al proceso de codificación, entonces en la condición de carga perceptiva se debería haber encontrado un mayor impacto de la distancia numérica y menor de la similitud. Sin embargo, según los resultados del presente estudio, la carga de procesamiento perceptivo no modifica el valor de los predictores; tanto con carga como sin carga, la similitud predice el rendimiento en la tarea, por el contrario, el valor predictivo de la distancia numérica es nulo. Así que, a diferencia de lo encontrado por Cohen y Quinlan (2019) para el proceso de identificación de dígitos, en el proceso de codificación se encontró que la carga de procesamiento perceptivo no hace que la distancia intervenga en la tarea.

Como limitación del estudio se advierte que la manipulación de la carga perceptiva podría no haber sido suficiente como para saturar los procesos perceptivos y permitir el procesamiento semántico de los números. Sin embargo, en la condición de carga se observa un retardo de aproximadamente 50 ms comparado con la condición sin carga que parece garantizar el éxito de esta manipulación. Adicionalmente, los análisis bayesianos proporcionan evidencia moderada acerca de la ausencia de aportación de la distancia al mostrar valores de  $BF_{01} > 3$  en las pruebas que comparan el coeficiente de regresión con un valor de 0. En consecuencia, la evidencia respecto a la irrelevancia de la distancia, tanto en la condición con carga como sin carga perceptiva, permite sugerir que el proceso de codificación, en el que tiene lugar la construcción de la representación de la forma del estímulo que está siendo visualizado, no se ve afectado por las propiedades semánticas de tales elementos ni aun bajo condiciones de carga perceptiva.

El resultado de este experimento permite esbozar un panorama de la influencia de los procesos *top-down*, en este caso de carácter semántico, sobre los procesos de reconocimiento visual de dígitos y posiblemente, por extensión, de letras. De acuerdo con nuestros hallazgos y los de Zhang et al. (2019), parece que el proceso inicial de codificación es insensible al valor semántico de los estímulos a procesar y esto ocurre con independencia de la carga perceptiva. En este nivel es la similitud perceptiva la variable relevante en la toma de decisiones. En el siguiente nivel, el proceso de identificación en el cual se empareja la forma visual con la representación abstracta correspondiente almacenada en la memoria, el panorama es más complejo. Así, en tareas que evalúan este nivel (e.g., ¿aparece el 5?) se han encontrado efectos exclusivamente perceptivos, y no semánticos, cuando no había carga de procesamiento (e.g., Cohen, 2009; García-Orza et al., 2012), pero aparecen efectos de la semántica cuando se introduce una carga perceptiva en la tarea (Cohen & Quinlan, 2019). Finalmente, cuando la tarea es de carácter semántico (¿qué número es mayor?) se observan efectos de la semántica y no de la similitud (e.g., Cohen & Quinlan, 2016; Wong & Szücs, 2013; Zhang et al., 2019). Frente a una visión que considera que la activación de la semántica numérica, de la cantidad, es automática y se da cuando se presenta un número, bien sea en su formato verbal o arábigo (Dehaene & Akhavein, 1995) nuestros datos muestran ausencia de efectos en la codificación de dígitos. Alternativamente podría pensarse, y merece futuras investigaciones, que la influencia o no de los procesos superiores en estadios tempranos del procesamiento, tal y como mostraron Cohen y cols. para la identificación, no es cuestión de todo o nada, sino un continuo ligado a diferentes factores como la carga de procesamiento. En nuestro estudio hemos evaluado el impacto, en este caso nulo, de la inclusión de distractores en la tarea de codificación, pero, por ejemplo, el papel que puede jugar aumentar la carga mediante la demanda de la misma tarea sobre un mayor conjunto de ítems, tal y como plantearon Cohen y Quinlan (2019), es una posibilidad que también debe ser explorada.

En conclusión, la influencia de la semántica sobre los procesos visuales parece estar determinada conjuntamente por el nivel de procesamiento y la carga de la tarea. En niveles muy tempranos la dependencia de las propiedades físicas del estímulo parece ser total, en procesos intermedios de tipo asociativo, a pesar de no ser demandado el conocimiento semántico, se observa influencia del mismo si la demanda de la tarea es alta, en estos casos, la influencia semántica se beneficiaría de su capacidad ilimitada (Cohen & Quinlan, 2019). En procesos finales, en los que se demanda el conocimiento cuantitativo, se revierte la situación, no parece haber lugar para la influencia de factores perceptivos y es la distancia numérica la que determina el rendimiento (e.g., Cohen & Quinlan, 2016; Wong & Szücs, 2013; Zhang et al., 2019). Estudios futuros con diferentes paradigmas y manipulaciones experimentales deben servir para confirmar estas conclusiones.

## Referencias

- Blanc-Goldhammer, D., & Cohen, D. J. (2014). Unlimited capacity parallel quantity comparisons of multiple integers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *40*, 1389–1403. <https://doi.org/10.1037/a0036843>
- Cohen, D. J. (2009). Integers do not automatically activate their quantity representation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 332–336. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.2.332>
- Cohen, D. J., & Quinlan, P. T. (2016). How numbers mean: Comparing random walk models of numerical cognition varying both encoding processes and underlying quantity representations. *Cognitive Psychology*, *91*, 63–81. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2016.10.002>
- Cohen, D. J., & Quinlan, P. T. (2019). Limited-capacity identity processing of multiple integers. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *81*(6), 1789–1804. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01745-0>
- Dehaene, S., & Akhavein, R. (1995). Attention, automaticity, and levels of representation in number processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*, 314–326. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.21.2.314>
- Dienes Z. (2014). Using Bayes to get the most out of non-significant results. *Frontiers in Psychology*, *5*, 781. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00781>
- Ganor-Stern, D., & Tzelgov, J. (2008). Across-notation automatic numerical processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *34*, 430–437. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.2.430>
- García-Orza, J., Comesaña, M., Piñeiro, A., Soares, A. P., & Perea, M. (2016). Is VIRTU4L larger than VIR7UAL? Automatic processing of number quantity and lexical representations in leet words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *42*(6), 855–865. <https://doi.org/10.1037/xlm0000211>
- García-Orza, J., & Perea, M. (2011). Position Coding in Two-Digit Arabic Numbers. *Experimental Psychology*, *58*, 85–91. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000071>
- García-Orza, J., Perea, M., Mallouh, R. A., & Carreiras, M. (2012). Physical similarity (and not quantity representation) drives perceptual comparison of numbers: Evidence from two Indian notations. *Psychonomic Bulletin & Review*, *19*, 294–300. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0212-8>
- García-Orza, J., Perea, M., & Muñoz, S. (2010). Are transposition effects specific to letters? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*(8), 1603–1618. <https://doi.org/10.1080/17470210903474278>
- Grainger, J., & Hannagan, T. (2014). What is special about orthographic processing? *Written Language and Literacy*, *17*(2), 225–252. <https://doi.org/10.1075/wll.17.2.03gra>
- Henik, A., & Tzelgov, J. (1982). Is three greater than five: The relation between physical and semantic size in comparison tasks. *Memory & Cognition*, *10*, 389–395. <https://doi.org/10.3758/BF03202431>
- Kinoshita, S., & Lagoutaris, S. (2010). Priming by numb3r5 does not involve top-down feedback. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*(6), 1422–1440. <https://doi.org/10.1037/a0020609>
- Lavie, N. (2010). Attention, distraction, and cognitive control under load. *Psychological Science* *19*(3), 143–148.
- Lorch, R. F., Jr., & Myers, J. L. (1990). Regression analyses of repeated measures data in cognitive research. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*, 149–157. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.1.149>
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, *44*, 107–157. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90052-j](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90052-j)
- McCloskey, M., & Schubert, T. (2014). Shared versus separate processes for letter and digit identification. *Cognitive Neuropsychology*, *31*(5–6), 437–460.
- Pavese, A., & Umiltà, C. (1998). Symbolic distance between numerosity and identity modulates Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*(5), 1535–1545. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.5.1535>
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2012). *E-Prime User's Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools, Inc.
- Shiffrin, R. M., & Gardner, G. T. (1972). Visual processing capacity and attentional control. *Journal of Experimental Psychology*, *93*, 72–82. <https://doi.org/10.1037/h0032453>
- The JASP Team. (2020). *JASP (Version 0.14.1)* [Computer software]. <https://jasp-stats.org/>.
- Van Doorn, J., van den Bergh, D., Böhm, U., Dablander, F., Derks, K., Draws, T., Etz, A., Evans, N.J., Gronau, Q.F., Haaf, J.M., Hinne, M., Kucharský, S., Ly, A., Marsman, M., Matzke, D., Gupta, A.R.K.N., Sarafoglou, A., Stefan, A., Voelkel, J.G., & Wagenmakers, E.J. (2021). The JASP guidelines for conducting and reporting a Bayesian analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, *28*, 813–826.

<https://doi.org/10.3758/s13423-020-01798-5>

- Van Opstal, F., de Lange, F. P., & Dehaene, S. (2011). Rapid parallel semantic processing of numbers without awareness. *Cognition*, *120*(1), 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.03.005>
- Welford, A. T. (1960). The measurement of sensory-motor performance: Survey and reappraisal of twelve years' progress. *Ergonomics*, *3*, 189–230.
- Wong, B., & Szűcs, D. (2013). Single-digit Arabic numbers do not automatically activate magnitude representations in adults or in children: Evidence from the symbolic same-different task. *Acta Psychologica*, *144*, 488–498. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.08.006>
- Zhang, L., Xin, Z., Feng, T., Chen, Y., & Szűcs, D. (2018). Physical similarity or numerical representation counts in same-different numerical comparison, physical comparison and priming tasks? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*, 670–687. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1276944>