

Efectos de la memoria operativa y de una carga de procesamiento en la comprensión de oraciones

David del Río y Ramón López-Higes *

Universidad Complutense de Madrid

En un experimento de lectura a ritmo personal, 50 estudiantes universitarios con alta o baja capacidad de memoria operativa verbal leyeron oraciones con cláusulas de relativo de sujeto y de objeto. La mitad realizaron además una tarea concurrente de reordenamiento de dígitos. Los sujetos con mayor amplitud de memoria y aquellos que no llevaron a cabo una tarea secundaria dedicaron más tiempo a las regiones más complejas de oraciones relativas de objeto. Por el contrario, los sujetos con menor capacidad de memoria y los que sufrían una carga extra de procesamiento dedicaron menos tiempo a las regiones críticas de las oraciones más complejas, exhibiendo además un peor nivel de comprensión. Estos resultados muestran que un análisis sintáctico completo de las oraciones más complejas es impedido cuando no están disponibles suficientes recursos de procesamiento y por tanto apoyan el supuesto de que el procesamiento de oraciones depende de recursos de memoria operativa verbal de tipo general.

El contraste entre oraciones que incluyen una cláusula de relativo con extracción de sujeto (1a) y oraciones que incluyen una cláusula de relativo con extracción de objeto (1b) ha demostrado tener una gran relevancia en el estudio del procesamiento y comprensión del lenguaje.

1a. *El reportero que atacó al senador admitió posteriormente su error.*

1b. *El reportero que el senador atacó admitió posteriormente su error.*

Mientras el procesamiento de la primera oración sigue un curso incremental (cada palabra nueva es integrada a medida que se va

* Los autores quieren hacer constar su agradecimiento a dos revisores anónimos por colaborar con sus observaciones a la mejora del manuscrito original. Correspondencia: Ramón López-Higes Sánchez. Departamento de Psicología Básica II (Procesos Cognitivos). Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid. Campus de Somosaguas. 28223 Madrid. Teléfono: 91 394 31 52. Correo electrónico: rlopezsa@psi.ucm.es

encontrando), en el caso de la segunda es necesario mantener durante un breve espacio de tiempo información sobre el sujeto de la cláusula principal (“*el reportero*”) hasta que le puede ser asignado papel temático por medio del verbo de la cláusula de relativo (“*atacó*”). El contraste entre estos dos tipos de oraciones se refleja de manera consistente en diferentes índices conductuales y neurofisiológicos (Just, Carpenter, Keller, Eddy y Thuilborn, 1996; Just, Carpenter y Miyake, 2003, King y Just, 1991; King y Kutas, 1995), poniendo de relieve el coste de recursos computacionales asociado a la complejidad de establecer dependencias sintácticas a distancia (Gibson, 1998, 2000).

Generalmente se asume que para llevar a cabo cualquier tarea la información relevante es almacenada y manipulada por un sistema de memoria operativa con capacidad limitada. Del mismo modo, durante la comprensión de oraciones, cierta cantidad de recursos debe asignarse al procesamiento de la señal lingüística, el análisis sintáctico, la asignación de roles temáticos y otros procesos dedicados a establecer el significado del mensaje, mientras que otra parte de los recursos debe dedicarse al almacenamiento y mantenimiento de los productos intermedios del análisis. Sin embargo, el acuerdo es mucho menor respecto a la especificidad de los recursos de los que el sistema dispone: mientras que ciertos autores simplemente asumen que existe una fuente de recursos limitada dedicada al procesamiento de material verbal (Teoría de la Capacidad: Just y Carpenter, 1992; Just, Carpenter y Keller, 1996), otras posturas son mucho más restrictivas a la hora de especificar el papel funcional de los recursos de procesamiento (Teoría de la Especificidad de Recursos: Caplan y Waters, 1999; Waters y Caplan, 1996). Caplan y Waters proponen una fragmentación de los recursos operativos que intervienen en la comprensión del lenguaje basada en la diferenciación entre procesos *interpretativos* y *post-interpretativos*. Como procesos *interpretativos* entienden aquellos que intervienen en la asignación de significado a una oración: reconocimiento de palabras, acceso a la información léxica, construcción de las representaciones sintáctica y prosódica, asignación de roles temáticos y de otros aspectos semánticos, etc. Otro tipo de procesos que utilizan el contenido proposicional de las oraciones en actividades cognitivas de propósito general como el almacenamiento a largo plazo, el razonamiento o la planificación de acciones son denominados *post-interpretativos*.

Tanto la Teoría de la Capacidad como la Teoría de la Especificidad de Recursos parten de la base de que existe una capacidad computacional limitada para procesar las señales lingüísticas. Sin embargo, para la Teoría de la Especificidad el sistema dedicado a extraer el significado de estas señales es funcionalmente independiente del sistema que utiliza este

contenido para otras tareas, y por tanto el procesamiento *on-line* del lenguaje no descansa en la misma base ni compite por la misma fuente de recursos que las tareas estándar de retención de material verbal. De este modo, una de las diferencias empíricas básicas entre las dos teorías es que la Teoría de la Capacidad predice la existencia de influencias debidas a la capacidad individual de memoria operativa verbal o a la interferencia de una tarea verbal concurrente en el procesamiento y comprensión de oraciones, mientras que la Teoría de la Especificidad asume que los recursos dedicados a tareas de memoria operativa verbal o a una tarea secundaria de retención de material lingüístico son independientes de los usados para la comprensión de oraciones.

La mayoría de los estudios que pretenden contrastar la influencia de la capacidad individual de memoria operativa verbal en el procesamiento sintáctico toman como medida la puntuación en el *Reading Span Test* (Daneman y Carpenter, 1980) o pruebas similares, dividiendo a los sujetos en diferentes grupos de acuerdo a su amplitud de memoria. A partir de aquí se buscan interacciones en alguna tarea experimental de procesamiento sintáctico que indiquen que la capacidad de memoria operativa modula el procesamiento de oraciones. Aunque diferentes trabajos han señalado la aparición de estas interacciones (Just y Carpenter, 1992; King y Just, 1991; MacDonald, Just y Carpenter, 1992), Caplan y Waters (1999; Waters y Caplan, 1996) han destacado que estos estudios o bien fallan a la hora de aportar datos estadísticos esenciales o bien la interacción de la complejidad lingüística con la capacidad de memoria no se da en las regiones críticas en las que aumenta la complejidad del procesamiento. En ese sentido, otros trabajos afirman no encontrar un efecto diferencial de la amplitud de memoria operativa respecto al procesamiento de oraciones (Caplan y Waters, 1999; Waters y Caplan, 1999; Clifton, Traxler, Mohamed, Williams, Morris y Rayner, 2003).

Por otro lado, los estudios que prestan atención a la influencia de una tarea verbal concurrente suelen explorar el patrón de interferencia entre la tarea secundaria y el procesamiento oracional. Al respecto, Caplan y Waters (1999) puntualizan que cuando se utiliza una carga extra de procesamiento no debe interrumpirse la tarea principal. De otro modo los resultados son atribuibles al efecto de los recursos atencionales consumidos por el cambio de tarea, más que a la interferencia de la tarea secundaria en sí. Sus propias investigaciones certifican la no existencia de interacciones entre el procesamiento oracional y la existencia de una tarea secundaria de retención verbal (Waters, Caplan y Yampolsky, 2003). No obstante, algunos estudios que utilizan medidas muy directas del procesamiento cognitivo, como potenciales cerebrales relacionados con acontecimientos discretos (en

inglés, *event-related-brain-potentials*, ERPs) han encontrado que la capacidad de memoria operativa verbal y la presencia de una carga verbal concurrente determinan la amplitud y latencia de componentes asociados al procesamiento sintáctico (Vos, Gunter, Kolk y Mulder, 2001; Vos, Gunter, Schriefers y Friederici, 2001).

El propósito de este estudio es contrastar los postulados de la Teoría de la Capacidad frente a los de la Teoría de la Especificidad mediante un paradigma de lectura a ritmo personal (*self-paced reading*). Las predicciones establecidas por la Teoría de la Capacidad implican que existirá una interacción del coste de procesamiento asociado a la complejidad sintáctica con la capacidad individual de memoria operativa verbal y con el coste de procesamiento asociado a una tarea verbal concurrente. No obstante, la Teoría de la Especificidad implica que dichas interacciones no deberán producirse, al ser funcionalmente independientes los recursos de procesamiento dedicados al análisis de la oración y los dedicados a la retención de material verbal. Para poner a prueba las predicciones de ambas teorías se cruzaron ortogonalmente los tres factores en un diseño experimental mixto. Como novedad, la tarea verbal secundaria implica no sólo la retención de una serie de dígitos, sino también su reordenamiento (MacDonald, Almor, Henderson, Kempler, y Andersen, 2001), aspecto que puede ser crucial en los efectos sobre la tarea principal. La retención de una serie de dígitos entorpece sobre todo la retención fonológica a corto plazo (Baddeley, 1986), mientras que el reordenamiento exige coordinar el almacenamiento de la información con una serie de operaciones destinadas a la resolución de la tarea (comparación de las magnitudes, resecuenciación, etc.). Es precisamente esta coordinación de recursos la que ocupa el centro de interés tanto de la Teoría de la Capacidad como de la Teoría de la Especificidad y la que determina las habilidades individuales de comprensión muy por encima de la simple capacidad de retención a corto plazo (Daneman y Carpenter, 1980). Del mismo modo, para algunos pacientes afásicos un deterioro en la retención de información fonológica no resulta determinante a la hora de establecer dependencias sintácticas a distancia (Friedmann y Gvion, 2003). En ese sentido, el reordenamiento de dígitos implica mayores demandas en la coordinación de recursos de procesamiento que la simple retención y por tanto podemos esperar que el tipo de interferencia que puede inducir sobre la tarea principal sea también mayor.

MÉTODO

Participantes. Cincuenta estudiantes universitarios de la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid que recibían puntos extras para su nota final participaron en el experimento. Todos tenían una visión normal o corregida adecuadamente mediante lentes tal y como se requería para la tarea de lectura que debían realizar.

Materiales y Procedimiento

Prueba de Capacidad de Memoria Operativa Verbal

Previamente a la realización del experimento se realizó una selección de los sujetos de acuerdo a las puntuaciones de una prueba basada en el *Reading Span Test* (Daneman y Carpenter, 1980). La prueba se realizó en modalidad auditiva para poder ser pasada a grupos amplios de personas. El experimentador procedía a la lectura de conjuntos de oraciones, todas con una longitud de entre 16 y 18 palabras. Los conjuntos contenían un número progresivamente mayor de oraciones, desde dos a seis, y luego progresivamente menor, desde seis a dos. Se solicitaba de los participantes que recordasen únicamente la última palabra de cada oración, y las escribiesen en una hoja de respuesta después de la lectura de cada conjunto. La puntuación total en la prueba corresponde al número máximo de elementos recordados en cada serie (ascendente - descendente) dividida por dos.

En base a las puntuaciones terciles se seleccionaron los 28 sujetos con mayor puntuación en la prueba, dando lugar al grupo de alta capacidad de memoria (rango: 5,5-6; media = 5,75; DT = 0,25) y los 28 con menor puntuación (de los cuales sólo realizaron finalmente el experimento 22), dando lugar al grupo de baja capacidad de memoria (rango: 3-4,5; media = 4,11; DT = 0,4).

Tarea de Lectura A Ritmo Personal No-Acumulativa

Se construyeron diez pares de oraciones con cláusulas restrictivas de relativo anidadas. Cada miembro del par pertenecía a una condición experimental distinta: oraciones con cláusulas de relativo con extracción de sujeto (RS) y oraciones con cláusulas de relativo con extracción de objeto (RO). Todas las oraciones se igualaron en número de palabras (15 para oraciones RS y 14 para oraciones RO), como en el ejemplo siguiente:

RS: *El capitán que agredió a un cadete admitió su culpa ante el consejo de guerra.*

RO: *El capitán que un cadete agredió admitió su culpa ante el consejo de guerra.*

Cada miembro del par se asignó alternativamente a un bloque de estímulos de modo que se construyeron dos bloques de diez oraciones. A cada bloque se añadieron doce oraciones de relleno con estructuras sintácticas diversas.

Las oraciones fueron introducidas respetando esta división en bloques en un programa de *lectura a ritmo personal no-acumulativa* desarrollado por el CAI de la Facultad de Psicología de la UCM. Este programa permite a los sujetos leer las oraciones palabra por palabra en la pantalla de un ordenador a medida que pulsan un botón del teclado, según un paradigma de ventana visual móvil (Just, Carpenter y Wooley, 1982); a la vez, el programa mide el tiempo de lectura por palabra en milisegundos. Cada participante ley  las oraciones de ambos bloques, además de pasar por un bloque previo de diez ejemplos. El orden de los bloques fue alternado para cada sujeto y dentro de cada bloque el orden de presentación de oraciones fue aleatorizado.

Comprensión de las oraciones

Para evaluar la capacidad de comprensión de las oraciones, al final de cada ensayo aparecía una pregunta sobre el contenido de la oración. Para las oraciones experimentales, las preguntas implicaban la identificación del agente. El sujeto respondía a las preguntas seleccionando con el cursor una respuesta de entre dos posibilidades que aparecían en pantalla y pulsando a continuación un botón del teclado, como en el ejemplo siguiente:

 Qui n agredió al otro?

A: *El capitán.*

B: *El cadete*

Tarea de Reordenamiento de Dígitos

Como carga de procesamiento extra en la memoria operativa se seleccionó una tarea de reordenamiento de dígitos, similar a la propuesta por MacDonald *et al.* (2001), en la cual se da a los sujetos una serie aleatoria de dígitos y estos deben responder con la serie ordenada de menor a mayor. Por ejemplo, a una serie como 5, 9, 3, 6 el sujeto debe responder con la serie 3, 5, 6, 9.

En concreto se determinó que las series fueran de 4 dígitos en base a pruebas piloto. La mitad de los sujetos (25, 14 del grupo de alta capacidad y

11 del grupo de baja capacidad) realizó esta tarea de forma concurrente a la tarea principal de lectura a ritmo personal. La otra mitad realizó la tarea principal libres de la carga de procesamiento extra.

Con el propósito de evitar que los efectos de la tarea de reordenamiento de dígitos se debiesen a problemas en el cambio atencional entre tareas en lugar de a la carga extra de procesamiento (Caplan y Waters, 1999), para los sujetos que realizaron ambas tareas se daba primero la serie de dígitos (leída por el experimentador) e inmediatamente después se procedía tanto a la lectura de la oración como a la respuesta a la pregunta, de forma que no se interrumpiera la tarea principal. La última parte de cada ensayo incluía la recuperación ordenada de la serie de dígitos.

RESULTADOS

Comprensión de las oraciones.

Se calculó el porcentaje de aciertos en la tarea de comprensión de oraciones para cada sujeto y en cada tipo de oración (RS y RO). Sobre este porcentaje de aciertos se efectuó un ANOVA de 2 (*tipo de oración*) X 2 (*capacidad de memoria*) X 2 (*tarea concurrente*). Los resultados mostraron un efecto significativo del *tipo de oración* [$F(1,46) = 46,559$; $p < 0,001$] y una interacción entre la *capacidad de memoria* y el *tipo de oración* [$F(1,46) = 8,268$; $p < 0,05$]. No existen sin embargo efectos principales de la *capacidad de memoria* o de la existencia de *tarea concurrente* en el nivel de comprensión, aunque en general el porcentaje de aciertos es menor para el grupo de baja capacidad y para los sujetos sometidos a tarea concurrente (ver figura 1).

El porcentaje de aciertos es bastante alto para las oraciones estructuralmente más sencillas (RS). Los sujetos de alta y de baja capacidad de memoria están bastante igualados en dicho porcentaje (es incluso ligeramente superior en el caso de los sujetos de baja capacidad). El nivel de comprensión es sin embargo bastante más inferior para las oraciones más complejas (RO). Además, el efecto de la complejidad es mucho mayor para los sujetos que han demostrado una baja capacidad en la prueba de amplitud de memoria operativa verbal, tal y como pone de manifiesto la interacción entre *tipo de oración* y *capacidad de memoria*. Resulta sin embargo difícil de explicar la ausencia de interacción entre *tipo de oración* y *tarea concurrente*. En principio no podría deberse simplemente a que los sujetos están adjudicando sus recursos a la tarea principal e ignorando la tarea secundaria, ya que, aunque los datos de la tarea de reordenamiento de dígitos no fueron analizados, se comprobó que para todos los sujetos al

menos el 75% de los dígitos fueron recordados y reordenados en más del 90% de los ensayos. Tampoco puede atribuirse claramente a un efecto de techo, ya que la tarea concurrente afectó de forma clara al tiempo de lectura por palabra (tal y como se explica más abajo).

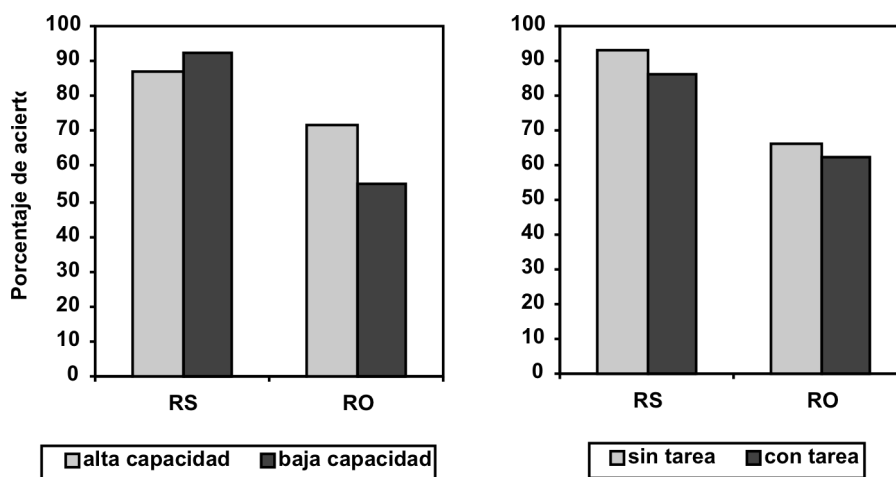


Figura 1. Porcentaje de aciertos en la tarea de comprensión de oraciones según la capacidad de memoria operativa verbal (izquierda) y según la presencia o no de una tarea concurrente (derecha).

Lectura a ritmo personal.

La variabilidad en los datos brutos se redujo aplicando un punto de corte de 5 desviaciones típicas por encima de la media para el tiempo de lectura por palabra en cada condición experimental. Los tiempos de lectura que excedieron este punto de corte fueron remplazados por dicho valor. Este procedimiento no afectó en ningún caso a más del 1,5% de los datos para cada palabra.

A continuación, las oraciones se dividieron en siete regiones diferentes bajo el supuesto de estar sometidas a diferentes demandas de procesamiento (ver tabla 1). Estas regiones fueron el sintagma nominal inicial sujeto de la oración principal (SN1), el pronombre que introduce la cláusula de relativo (pro), el verbo de la cláusula de relativo (V1), el sintagma nominal o preposicional de la cláusula de relativo (para simplificar, SN2), el verbo de la oración principal (V2), el objeto de la cláusula principal (SN3) y un sintagma preposicional final (FIN). El sintagma preposicional final se incluyó para evitar que los efectos de repaso

y cerramiento que se dan hacia el final de una oración contaminasen las regiones de interés, y por tanto no se consideró en el análisis final.

Tabla 1. División de las oraciones experimentales en regiones para su análisis.

	SN1	pro	V1	SN2	V2	SN3	fin
RS	<i>El capitán</i>	<i>que</i>	<i>agredió</i>	<i>a un cadete</i>	<i>admitió</i>	<i>su culpa</i>	<i>ante el consejo de ...</i>
	SN1	pro	SN2	V1	V2	SN3	fin
RO	<i>El capitán</i>	<i>que</i>	<i>un cadete</i>	<i>agredió</i>	<i>admitió</i>	<i>su culpa</i>	<i>ante el consejo de</i>

Se calculó el tiempo de lectura medio por palabra en cada región, para cada uno de los sujetos y en cada tipo de oración (RS y RO). La figura 2 muestra un perfil de los tiempos medios de lectura por región para cada tipo de oración. A partir de aquí, se realizó un ANOVA, de 2 (*tipo de oración*) X 2 (*capacidad de memoria*) X 2 (*tarea concurrente*) para cada región de interés (SN1, pro, V1, SN2, V2 y SN3).

Los ANOVAs realizados no mostraron ningún tipo de efecto significativo para ninguna de las dos regiones iniciales (**SN1** y **pro**). Sin embargo, para la región del verbo de la cláusula de relativo (**V1**), el ANOVA mostró efectos significativos del *tipo de oración* [$F(1,46) = 12,292$; $p = 0,001$] y de la existencia de *tarea concurrente* [$F(1,46) = 10,112$; $p < 0,01$], así como interacciones significativas entre *tipo de oración* y *capacidad de memoria* [$F(1,46) = 5,091$; $p < 0,05$] y *tipo de oración* y presencia de *tarea concurrente* [$F(1,46) = 5,080$; $p < 0,05$]. Dentro de la región del SN de la cláusula de relativo (**SN2**), únicamente se refleja un efecto de la *tarea concurrente* [$F(1,46) = 9,224$; $p < 0,01$]. A continuación, en la región del verbo de la cláusula principal (**V2**), existen efectos del *tipo de oración* [$F(1,46) = 39,099$; $p < 0,001$], de la *capacidad de memoria* [$F(1,46) = 7,203$; $p = 0,01$] y de la presencia de *tarea concurrente* [$F(1,46) = 18,134$; $p < 0,001$]. Existen también interacciones estadísticamente significativas entre *tipo de oración* y *capacidad de memoria* [$F(1,46) = 9,981$; $p < 0,01$], *tipo de oración* y presencia de *tarea concurrente* [$F(1,46) = 11,646$; $p < 0,001$] y, lo que resulta aún más interesante, interacción triple entre *tipo de oración*, *capacidad de memoria* y *tarea concurrente* [$F(1,46) = 5,836$; $p < 0,05$]. La última región cuyo análisis fue considerado, como ya dijimos, es el SN objeto de la cláusula principal (**SN3**). El ANOVA muestra aquí efectos del *tipo de oración* [$F(1,46) = 9,660$; $p < 0,01$]. Existe también triple interacción entre *tipo de*

oración, amplitud de memoria y presencia de tarea concurrente [$F(1,46) = 5,098$; $p < 0,05$].

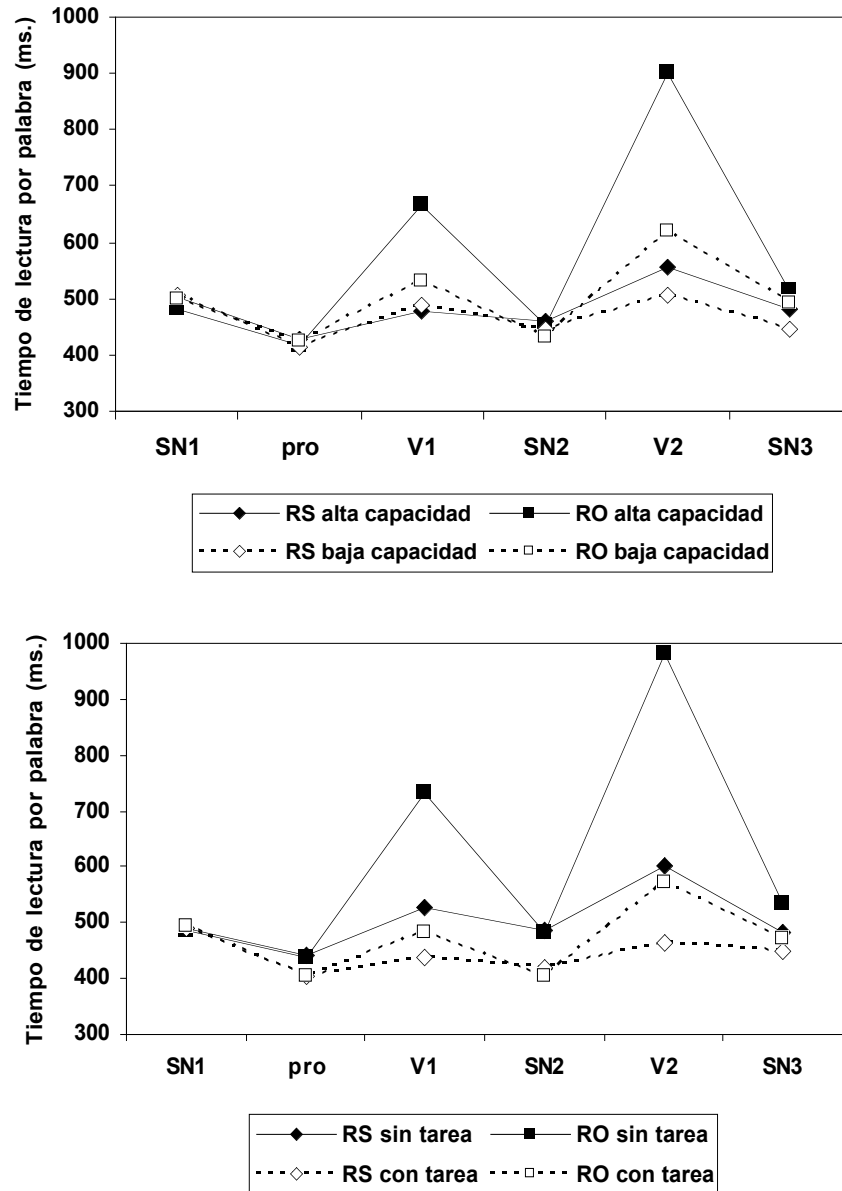


Figura 2. Tiempo medio de lectura por palabra (en ms.) para cada región según el tipo de oración, de acuerdo a la capacidad de memoria (arriba) y a la presencia o ausencia de tarea concurrente (debajo).

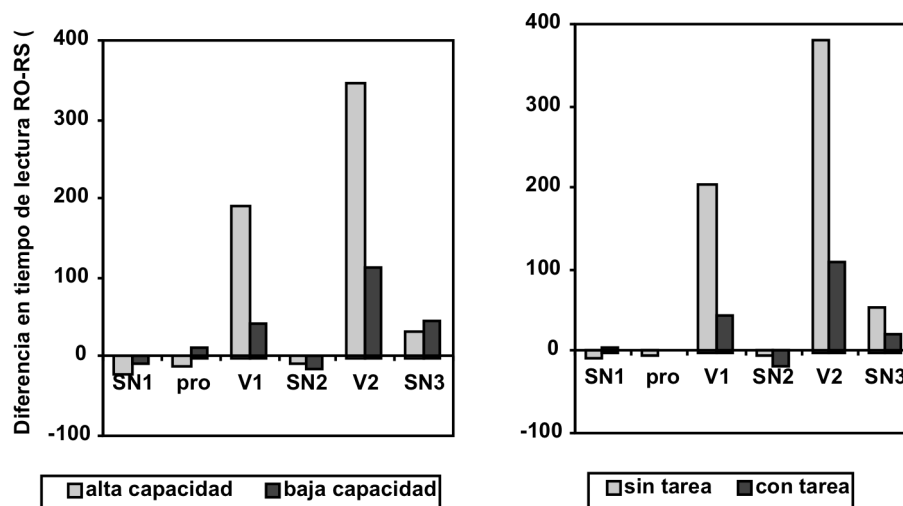


Figura 3. Diferencia en tiempo de lectura (en ms.) entre oraciones RO y oraciones RS para cada región según la capacidad de memoria operativa verbal (izquierda) y según la presencia o ausencia de una tarea concurrente (derecha).

En síntesis, hay que resaltar que el efecto del *tipo de oración* se refleja en mayores tiempos de lectura por palabra para oraciones RO en las regiones sometidas a mayores demandas de procesamiento (V1 y V2). La diferencia se extiende en parte a la región posterior a V2, aunque no es extraño observar con el paradigma de lectura a ritmo personal que la complejidad de procesamiento se amplía en parte a regiones posteriores a la palabra crítica. En segundo lugar, hay que destacar que la presencia de la *tarea concurrente* afecta al tiempo de lectura por palabra en la mayoría de las regiones, y sobre todo en las regiones sometidas a mayores demandas de procesamiento. Esto contrasta, como se ha comentado anteriormente, con la ausencia de este efecto en la capacidad de comprensión, pero pone de relieve que la tarea secundaria está afectando al procesamiento de las oraciones. En tercer lugar, hay que destacar la existencia de interacciones entre *tipo de oración* y *capacidad de memoria* y *tipo de oración* y *tarea concurrente*: el efecto de la complejidad sintáctica es menor precisamente en las regiones críticas (V1 y V2) para los sujetos de baja capacidad y para los sujetos sometidos a tarea concurrente (ver figura 3). Esto es más evidente aún gracias a la triple interacción entre *tipo de oración*, *capacidad de memoria* y *tarea concurrente* que se da en la región del verbo de la cláusula principal. Este es un resultado doblemente inesperado. Por un lado,

contradice la hipótesis de la especificidad de recursos, que supone que los recursos dedicados al análisis de la oración no interactúan con los recursos dedicados a otras tareas verbales. Por otro, contradice también el supuesto habitual de que el tiempo dedicado al procesamiento será mayor cuanto menor sea la capacidad disponible. En este caso el resultado es justo el contrario.

DISCUSIÓN

Los resultados confirman el efecto de la complejidad sintáctica señalado de forma recurrente en la literatura: la estructura de las cláusulas relativas de objeto induce un mayor coste de procesamiento en regiones críticas de integración como son el verbo de la cláusula de relativo y el verbo de la cláusula principal (Gibson, 1998, 2000). Las oraciones con cláusulas relativas de objeto son también peor comprendidas como atestigua el menor porcentaje de aciertos para este tipo de oraciones en la tarea de comprensión.

Por otro lado, en contra de las predicciones de la Teoría de la Especificidad de Recursos (Caplan y Waters, 1999; Waters y Caplan, 1996), el efecto de la complejidad sintáctica sobre los tiempos de lectura sí es modulado por la capacidad de memoria operativa verbal. Esto es evidente a partir de las múltiples interacciones entre complejidad sintáctica, capacidad de memoria y presencia de una tarea concurrente que se dan durante el procesamiento de regiones críticas de integración. Los sujetos que disponían de una mayor capacidad de procesamiento (gracias a una mayor amplitud de memoria operativa verbal o porque no llevaron a cabo una tarea secundaria) dedicaron más tiempo a las regiones críticas de las oraciones más complejas (RO). Por el contrario, para los sujetos con menor capacidad de memoria y para los que sufrían una carga extra de procesamiento el tiempo dedicado a las regiones críticas en las oraciones más complejas fue menor. Este dato resulta en cierta forma sorprendente si tenemos en cuenta que numerosos estudios han fallado a la hora de encontrar este tipo de interacciones precisamente en las regiones en las que las demandas de procesamiento sintáctico son mayores (Caplan y Waters, 1999; Waters y Caplan, 1999; Waters *et al.*, 2003). El presente estudio introduce sin embargo una diferencia que ha podido influir de forma determinante en los resultados: el tipo de tarea que se propone habitualmente sólo implica retener una secuencia de dígitos, y por tanto simplemente exige recuperar información del bucle fonológico de la memoria operativa (Baddeley, 1986); en este caso, sin embargo, la tarea concurrente no sólo supone la

retención de material verbal sino también su procesamiento (la reordenación de los dígitos), de forma que las demandas sobre los recursos computacionales son mayores. Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, el hallazgo de interacciones entre capacidad de memoria operativa verbal y complejidad sintáctica ha sido detallado por estudios centrados en medidas directas del procesamiento cognitivo a través de índices neurofisiológicos (Vos, Gunter, Kolk y Mulder, 2001; Vos, Gunter, Schriefers y Friederici, 2001). También utilizando un paradigma de lectura-a-ritmo-personal idéntico al empleado en este estudio se ha referido una tendencia clara a la interacción (si bien no estadísticamente significativa) entre una carga de procesamiento verbal y la complejidad sintáctica durante el procesamiento de regiones críticas de la oración, cuando la carga verbal extra está pensada para producir interferencia (Gordon, Hendrick y Levine, 2002).

No obstante, un aspecto de los resultados resulta de particular interés. De acuerdo con la Teoría de la Capacidad, a una menor amplitud en los recursos operativos debería corresponder un mayor tiempo de procesamiento. A pesar de ello, el patrón de resultados es justo el contrario: cuando la capacidad de procesamiento es inferior por una menor capacidad operativa del sujeto o por la presencia de una tarea concurrente que sobrecarga la memoria, el tiempo de procesamiento disminuye. Hay que señalar, no obstante, que la reducción en el tiempo de procesamiento va en contra de la eficacia en la comprensión de las oraciones. Esta combinación de un procesamiento aparentemente más rápido a costa de una menor eficacia tiene ciertos precedentes que convendría resaltar. Por ejemplo, se ha descrito que el procesamiento de oraciones temporalmente ambiguas, pero que se resuelven en la dirección preferente, resulta menos costoso para sujetos con una baja capacidad de memoria (MacDonald *et al.*, 1992). En este caso, se supone que los lectores de alta capacidad consumen más tiempo debido al coste de mantener interpretaciones alternativas, mientras que el procesamiento de los sujetos de baja capacidad es más rápido debido a que sólo mantienen una interpretación. Otro caso interesante se refiere a un estudio que contrasta oraciones con cláusulas de relativo de sujeto y de objeto en una muestra de pacientes afásicos (Caplan y Waters, 2003). Utilizando una técnica de ventana auditiva móvil se encontró que los afásicos que exhibieron una buena ejecución en una tarea de juicios de gramaticalidad sobre oraciones demostraron un incremento en los tiempos de escucha para las regiones más complejas equivalente al de los sujetos de control. No obstante el efecto de la complejidad sintáctica se redujo para los afásicos que desempeñaron peor la prueba de juicios de gramaticalidad. Este patrón (menor diferencia en el tiempo de procesamiento a costa de una

menor eficacia) tiene un claro paralelismo aquí: los sujetos con una menor capacidad operativa disponible est n fallando a la hora de estructurar y posteriormente interpretar las oraciones más complejas adecuadamente.

La información sintáctica resulta crítica en la interpretación de la oración pero puede ser obviada, sobre todo cuando la creación del entramado sintáctico es más ardua. Se ha demostrado por ejemplo que frente a la incorrección de oraciones simples como “*el queso devoro al ratón*”, tendemos a pasar por alto con gran facilidad la incorrección de oraciones con una estructura más complicada, como “*el ratón fue devorado por el queso*” (Ferreira, Bailey y Ferraro, 2002). En el caso de oraciones con cláusulas de relativo de sujeto y de objeto se ha propuesto que existe una tendencia a resolver la dependencia sintáctica del sujeto de la cláusula principal lo más rápido posible (estrategia de resolución activa - *active filler strategy* - Clifton y Frazier, 1989), esto es, tan pronto como es encontrada la cláusula de relativo. Así, el sujeto de la cláusula principal es analizado en un primer momento como sujeto de la cláusula de relativo. Para cláusulas de relativo con extracción de objeto este análisis debe ser corregido. No obstante, la complejidad del reanálisis hace menos probable que la mala interpretación temprana se corrija. En apoyo de esta postura, se ha encontrado que cuando el sujeto de la cláusula principal no es un buen sujeto de la cláusula de relativo y por tanto el reanálisis es más sencillo, la complejidad del procesamiento disminuye (Traxler, Morris y Seely, 2002).

En nuestro caso, por tanto, los resultados pueden interpretarse bajo el supuesto de que los sujetos tienden a resolver la dependencia sintáctica del sujeto de la cláusula principal lo antes posible. De esta forma, se est n comprometiendo de manera temprana con un mal análisis inicial en los casos en los que el procesamiento sintáctico es más complejo (oraciones con cláusulas de relativo con extracción de objeto). Este análisis erróneo debe ser reparado, produciéndose así un coste de recursos computacionales que se refleja en un aumento de los tiempos de lectura. Sin embargo, la incorrección del análisis no puede ser reparada cuando existen menores recursos de procesamiento debido a diferencias individuales en la capacidad de memoria operativa verbal o a una situación de sobrecarga por la presencia de una tarea extra. En tal caso, no se produce un aumento en los tiempos de lectura debido a que los sujetos se ven obligados a realizar un procesamiento poco eficiente que se refleja posteriormente en un mal resultado en las pruebas de comprensión.

ABSTRACT

Effects of working memory and of a processing load on sentence comprehension. In a self-paced reading experiment, 50 university students, either with a high or a low verbal working memory span, read subject-relative and object-relative sentences. High span participants and those who did not accomplish a secondary task allocated more time to the most complex regions of object-relative sentences, while low span subjects and those who carried out an extra-processing burden allocated less time to critical regions in complex sentences, along with a poor level of comprehension. These results show that a full syntactic analysis of complex sentences is precluded whenever there are not enough processing resources, thus supporting the assumption that sentence processing rests on general verbal working memory resources.

REFERENCIAS

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Caplan, D. y Waters, G. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 77-126.
- Clifton, C. Jr., Traxler, M.J., Mohamed, M.T., Williams, R.S., Morris, R.K. y Rayner, K. (2003). The use of thematic role information in parsing: Syntactic processing autonomy revisited. *Journal of Memory and Language*, 49, 317-334.
- Clifton, C. Jr. y Frazier, L. (1989). Comprehending sentences with long distances dependencies. En G.N. Carlson y M.K. Tanenhaus (Eds.), *Linguistic Structures in Language Processing*. Dordrecht: Kluwer.
- Daneman, M. y Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Ferreira, F., Bailey, K.G.D. y Ferraro, V. (2002). Good-enough representations in language comprehension. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 11-15.
- Friedmann, N. y Gvion, A. (2003). Sentence comprehension and working memory limitation in aphasia: A dissociation between semantic-syntactic and phonological reactivation. *Brain and Language*, 86, 23-39.
- Gibson, E. (1998). Linguistic complexity: Locality of syntactic dependencies. *Cognition*, 68, 1-76.
- Gibson, E. (2000). The dependency locality theory: A distance-based theory of linguistic complexity. En Miyashita, Y., Marantz, A., y O'Neill, W. (Eds.) *Image, language, brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gordon, P.C., Hendrick, R., y Levine, W.H. (2002). Memory-load interference in syntactic processing. *Psychological Science*, 13, 425-430.
- Just, M.A., Carpenter, P.A., Keller, T. Eddy, W.F. y Thulborn, K.R. (1996). Brain activation modulated by sentence comprehension. *Science*, 274, 114-116.
- Just, M.A., Carpenter, P.A. y Keller, T. (1996). The capacity theory of comprehension: New frontiers of evidence and arguments. *Psychological Review*, 103, 773-780.
- Just, M.A., Carpenter, P.A. y Miyake, A. (2003). Neuroindices of cognitive workload: neuroimaging, pupillometric and event-related potential studies of brain work. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 4, 56-88.

- Just, M.A. y Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Just, M.A., Carpenter, P.A. y Wooley, J.D. (1982). Paradigms and processes in reading comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 228-238.
- King J. y Kutas, M. (1995). Who did what and when? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 376-395.
- King, J. y Just, M.A. (1991). Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 580-602
- MacDonald, M.C., Just, M.A. y Carpenter, P.A. (1992). Working memory constraints on the processing of syntactic ambiguity. *Cognitive Psychology*, 24, 56-98.
- MacDonald, M.C., Almor, A., Henderson, V., Kempler, D., y Andersen, E.S. (2001). Assessing working memory and language comprehension in Alzheimer's Disease. *Brain and Language*, 78, 17-42.
- Traxler., M. J., Morris, R. K. y Seely, R. E. (2002). Processing subject and object relative clauses: Evidence from eye movements. *Journal of Memory and Language*, 47, 69-70.
- Vos, S.H., Gunter, T., Kolk, H.H. y Mulder, G. (2001). Working memory constraints on syntactic processing: An electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, 38, 41-63.
- Vos, S.H., Gunter, T., Schriefers, H. y Friederici, A.D. (2001). Syntactic parsing and working memory: The effects of syntactic complexity, reading span and concurrent load. *Language and Cognitive Processes*, 16, 65-103.
- Waters, G. y Caplan, D. (1999). Verbal working memory capacity and on-line sentence processing efficiency in the elderly. En S. Kemper y R. Kliegl (Eds.), *Constraints on Language: Aging, Grammar and Memory*. Dordrecht: Kluwer.
- Waters, G. y Caplan, D. (1996). The Capacity Theory of Sentence Comprehension: Critique of Just and Carpenter (1992). *Psychological Review*, 103, 761-772.
- Waters, G., Caplan, D. y Yampolsky, S. (2003). On-line syntactic processing under concurrent memory load. *Psychonomic Bulletin and Review*, 10 (1), 88-95.

APÉNDICE

ORACIONES EXPERIMENTALES

1. El capitán que agredió a un cadete / que un cadete agredió admitió su culpa ante un consejo de guerra.
2. El profesor que criticó a un colega / que un colega criticó consiguió una plaza en otra ciudad más grande.
3. El chimpancé que asustó a una niña / que una niña asustó escapó de su jaula sin la menor dificultad.
4. El comprador que increpó a un empleado / que un empleado increpó presentó una queja ante el defensor del consumidor.
5. El obispo que visitó a un pariente / que un pariente visitó elogió la calidad del vino de la región.
6. El turista que ofendió a un paisano / que un paisano ofendió acudió al juzgado para prestar la pertinente declaración.
7. El escritor que denunció a un vecino / que un vecino denunció aportó unas pruebas de las que nadie dudaba.
8. El médico que insultó a un paciente / que un paciente insultó ofreció a la junta del hospital una explicación.
9. El jugador que empujó a un defensa / que un defensa empujó reprochó al árbitro la parcialidad de sus decisiones.
10. El pescador que rescató a un soldado / que un soldado rescató consiguió un minuto escaso de fama en televisión.

(Manuscrito recibido: 25 Enero 2005; aceptado: 26 Abril 2005)