

EDUARDO HERNÁNDEZ PADILLA

Un modelo conexionista de la afasia de broca en la lengua española

Revista Mexicana de Psicología, vol. 24, núm. 2, diciembre, 2007, pp. 273-287,

Sociedad Mexicana de Psicología A.C.

México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243020637011>



Revista Mexicana de Psicología,
ISSN (Versión impresa): 0185-6073
sociedad@psicologia.org.mx
Sociedad Mexicana de Psicología A.C.
México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

www.redalyc.org

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

UN MODELO CONEXIONISTA DE LA AFASIA DE BROCA EN LA LENGUA ESPAÑOLA

A CONNECTIONIST MODEL OF BROCA'S APHASIA IN SPANISH LANGUAGE

EDUARDO HERNÁNDEZ PADILLA¹

Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen: El presente trabajo generó un modelo conexionista de los procesos de aprendizaje y plasticidad que pueden ocurrir en la afasia de Broca en la lengua española. Para ello se replicó una tarea de identificación de papeles temáticos en oraciones activas. Se utilizaron dos tipos de lesión: a) remoción de nodos, y b) restricción de conexiones. Los resultados muestran que el modelo empleó las regularidades contenidas en las oraciones respecto a la identificación de los papeles temáticos, siendo la preposición el elemento más usado. Los hallazgos concuerdan con los estudios previos sobre este tema en pacientes hispanohablantes con afasia de Broca. Las estrategias empleadas por el modelo conexionista sugieren que en la afasia de Broca existe una interrupción en el proceso de toma de decisiones a causa de una limitada capacidad en el procesamiento individual de los componentes de la oración, como se muestra en la condición de daño mediante remoción de nodos.

Palabras clave: afasia, conexionismo, plasticidad neuronal

Abstract: A connectionist model was generated to simulate learning and plasticity that can occur in Broca's Aphasia in Spanish language speakers. A task that required the recognition of thematic roles in active sentences was tested. Two types of lesions were studied: a) specific nodes, and b) connection constraints. Results show that the model utilized thematic regularities of the task materials, with the preposition being the element most frequently used. These results agree with previous published reports of Spanish speaking patients with Broca's aphasia. The findings suggest that Broca's Aphasia involves an interruption in the decision process due to a limited capacity in the processing of the individual components of a sentence, as demonstrated in tests where specific nodes were injured.

Key words: Broca's aphasia, connectionism, neural plasticity

El trastorno tipo afasia, entendido como la pérdida o el deterioro de las funciones lingüísticas, es causado por un daño (traumatismos, infartos, infecciones, etc.) a nivel de la corteza o de las estructuras cerebrales asociadas con el lenguaje. La clasificación de los diferentes tipos de afasia depende de las zonas cerebrales dañadas, así como de las alteraciones lingüísticas ocurridas (Benson & Ardila, 1996). En la afasia de Broca el habla se caracteriza por presentar diferentes alteraciones fonéticas como: omisión o sustitución de fonemas; errores en la nominación de objetos o seres vivos y en la escritura; profusión en palabras con contenido semántico como los sustantivos; y por último, carencia de elementos funcionales como preposiciones y conjunciones (agramatismo). Asimismo, la comprensión lingüística se ve afectada, aunque no ha sido ampliamente estudiada (Beretta et al., 2001; Thompson,

Shapiro, Kiran, & Sobecks, 2003). Caramazza y Zurif (1976) diseñaron una tarea de identificación de los papeles temáticos (e.g., el ejecutante de una acción –el sujeto–, y el receptor de la misma –el objeto) en oraciones con diferentes estructuras lingüísticas. En dicha tarea, las personas con afasia de Broca tenían que elegir de un grupo de imágenes aquella que mejor representara los papeles temáticos de las oraciones que les eran mostradas. De acuerdo a los autores, en la identificación de los papeles temáticos las personas con afasia empleaban una estrategia basada en el orden de los elementos de la oración; así, el sustantivo que aparecía en primer lugar era designado como el sujeto de la oración.

El procedimiento de Caramazza y Zurif (1976) ha sido recurrentemente empleado en el estudio de la comprensión lingüística en la afasia de Broca para detectar los

¹ Enviar correspondencia a: Eduardo Hernández Padilla. Tepehuanos # 95 Col. Tlalcoligia, Deleg. Tlalpan, C.P. 14430. Correo electrónico: eduhpa@prodigy.net.mx

elementos cognoscitivos y lingüísticos participantes en la comprensión del lenguaje. La manipulación de las características de las oraciones, como la ubicación del sujeto y del objeto, la concordancia numérica entre el sustantivo y el verbo, etc., permiten reconocer cuáles de estas características son empleadas por los afásicos en la identificación de los papeles temáticos. De manera relevante, el orden de los elementos de una oración (sujeto, verbo y objeto; en lo sucesivo S, V y O, respectivamente) ha mostrado ser un indicio confiable en la identificación de los papeles temáticos, sobre todo si se considera que cada lengua presenta una frecuencia de aparición particular, es decir, presenta un orden canónico (Comrie, 1989). Así, por ejemplo, un afásico angloparlante ante una oración del tipo sustantivo, verbo y sustantivo, elegiría consistentemente el primer sustantivo como el sujeto de la oración, debido a que en el orden canónico de su lengua el primer sustantivo casi siempre desempeña el papel de ejecutante de la acción. Además del trabajo de Caramazza y Zurif sobre la presencia del orden canónico SVO en lengua inglesa, diversos estudios en otras lenguas han demostrado la presencia e importancia que tiene algún orden canónico para la comprensión lingüística. Por ejemplo, el orden SOV para la lengua holandesa (Bastiaanse, Koekkoek, & Van Zonneveld, 2003; Bastiaanse, Rispens, Ruijgndijk, Rabadán, & Thompson, 2002) y la japonesa (Hagiwara & Caplan, 1990), y el SVO en la hebrea (Friedmann & Shapiro, 2003) y la italiana (Bates, Friederici, & Wulfeck, 1987a, 1987b).

El orden canónico en el español asume un papel secundario porque es desplazado por otros elementos de la oración que son más útiles y confiables para la comprensión lingüística. Marcos y Ostrosky y sus colaboradores (Marcos, Ostrosky, & Ardila, 2003; Ostrosky, Marcos & Ardila, 2003; Ostrosky, Marcos, Ardila, Rosselli & Palacios, 1999; Ostrosky, Marcos, Palacios, Chávez & Leiva, 1996; Ostrosky, Rigalt & Marcos, 1996) han empleado el procedimiento arriba descrito para evaluar la importancia que tienen distintos elementos, e.g., la preposición, en oraciones con diferente estructura lingüística –activas, pasivas, pseudohendidas, etc.– en la lengua española. Los autores señalan como principal resultado que los hispanohablantes mexicanos siguen tres estrategias en la identificación de los papeles temáticos: la primera y más importante está vinculada con el conocimiento gramatical de la preposición *a* como señal del objeto (como en la oración “Juan ama a María”, en la

que la preposición *a* señala al objeto María). La segunda, a la interpretación de las oraciones mediante el conocimiento del mundo (como en “Juan golpea una puerta”, en la que solamente uno de los constituyentes mencionados es capaz de ejecutar una acción voluntaria, Juan); y, finalmente, la tercera es una estrategia basada en el discernimiento de un orden canónico del tipo SVO (como en “Juan ama a María”, en la que la posición de los elementos de la oración puede ser informativa sobre el ejecutante de la acción, Juan).

El uso de la preposición, del conocimiento del mundo, y del orden canónico, que son estrategias implementadas después de los efectos disruptivos iniciales de la lesión cerebral, son consecuencia de la recuperación espontánea del organismo ante las exigencias del entorno. Esta capacidad de restaurar las funciones perdidas es denominada plasticidad cerebral (Castro-Viejo, 1996; Cohen et al., 1998; Kolb, 1999; Kolb & Wishaw, 1998) y es una respuesta considerada común a todos los cerebros humanos (Zohari, Celebrini, Britten, & Newsome, 1994). Los diferentes tipos de plasticidad cerebral dependen de las estructuras cerebrales que participan en la recuperación de las funciones mencionadas (Grafman, 2000). A este respecto, diversos estudios han descubierto cuatro tipos de plasticidad: a) el desenmascaramiento de vías (Heiss, Kessler, Thiel, Ghaemi, & Karbe, 1999); b) la adaptación de regiones homólogas (Giraud, Price, Gram., & Frackowiak, 2001); c) la activación de áreas aledañas (Warburton, Price, Swinburn, & Wise, 1999); y, recientemente, d) la regeneración de algunas estructuras cerebrales a partir de la neurogénesis, es decir, la producción de células madre que emigran a ciertas áreas del cerebro y adquieren las propiedades de las neuronas a donde emigraron (Kempermann & Gage, 1998).

Los estudios sobre la plasticidad ocurrida en la afasia han reportado consistentemente la manifestación de dos pautas de recuperación, aunque la evidencia obtenida no sea concluyente. Por un lado, la recuperación de las funciones perdidas en la afasia puede deberse al incremento en la actividad de áreas homólogas en el hemisferio opuesto (Cappa et al., 1997; Papanicolaou, Moore, Deutsch, Levin, & Eisenberg, 1986). Por otro lado, la mejoría es atribuible al incremento de la actividad en las áreas aledañas a donde ocurrió el daño (Thomas, Altenmüller, Marckmann, Kahrs, & Dichgans, 1997). La inconsistencia de los resultados ha llevado a plantear un debate sobre los niveles de recuperación logrados por

uno y otro tipo de plasticidad, así como de los beneficios funcionales que cada una de ellas brinda (Pizzamaglio, Galati & Comitteri, 2001). Además de la falta de consenso sobre resultados concluyentes, la ausencia de control en factores relevantes e influyentes en la plasticidad cerebral tales como el sexo (Hertz-Pannier et al., 2002; McEwen, 1999), la edad (Moses & Stiles, 2002; Stiles, 2000), la educación, la experiencia y los nuevos comportamientos en el repertorio conductual del organismo (Kolb & Whishaw, 1998), representan una de las mayores dificultades para su estudio.

Por la falta de control de los factores influyentes en la plasticidad cerebral, su investigación debería recurrir a otras alternativas de análisis para tener una aproximación más confiable y un mayor control de los factores influyentes. Una de estas alternativas la constituyen los modelos conexionistas, los cuales permiten realizar simulaciones en redes neuronales operantes bajo los principios computacionales del cerebro. Así, la información procesada de una neurona es mayor que el estímulo recibido, la estructura cerebral se encuentra organizada en capas, la influencia neuronal es dependiente de la fuerza de las conexiones y el cambio en dicha fuerza significa la ocurrencia del aprendizaje (McLeod, Plunkett, & Rolls, 1998). Los modelos conexionistas han mostrado éxito en la simulación de procesos cognoscitivos superiores tales como el aprendizaje y el empleo de los sufijos regulares y subregulares del tiempo pasado (Plunkett & Marchman, 1993, 1996), el aprendizaje de la sintaxis (Elman, 1990), la lectura de palabras (Seidenberg, 2005), el desarrollo de estereotipos (Labiose & French, 2001), las flexiones morfológicas (Mirkoviæ, MacDonald, & Seidenberg, 2005), la memoria a corto plazo (Botvinick & Plaut, 2006), el reconocimiento del rostro (O'Brien & Opie, 2002), y la percepción del habla (McClelland, Mirman, & Holt, 2006), entre otros. De esta manera, los modelos conexionistas brindan una oportunidad para comprender el proceso de la plasticidad, justificando su empleo como una propuesta de análisis novedosa para el análisis del lenguaje en general, y del español en particular.

Pese a la amplia difusión y utilidad que los modelos conexionistas han mostrado en la simulación de algunos trastornos del lenguaje, el principal foco de interés de estas simulaciones ha sido la dislexia (Plaut, 1996, 1999; Reggia, Ruppín, & Sloan-Berndt, 1997; Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson, 1996). Por su parte, en el estu-

dio de la afasia por los modelos conexionistas no se han simulado las alteraciones y deficiencias en el lenguaje características de dicho trastorno, como el agramatismo, las fallas en la comprensión verbal, etc. Un ejemplo claro de este sesgo son los trabajos de Code, Rowley y Kertesz (1994) y de Wermter, Panchev y Houlsby (1999). En ambos estudios, la simulación fue una tarea de clasificación de los diferentes tipos de afasia y no la representación de un daño lingüístico: los modelos conexionistas debían diagnosticar el tipo de afasia ocurrida con base en la información de varios casos clínicos que era proporcionada por los experimentadores.

El presente trabajo analizó las estrategias de identificación de los papeles temáticos en oraciones activas simples durante el deterioro y la recuperación de funciones (plasticidad) ocurridos en un trastorno tipo afasia de Broca. Se analizaron dos tipos de alteraciones: a) la limitación de información lingüística de las unidades de procesamiento (lesión mediante la remoción de nodos), y b) la pérdida de conocimiento lingüístico (mediante la restricción de las conexiones). Ambos tipos de daños fueron analizados en un modelo conexionista que empleó como algoritmo de aprendizaje la retropropagación (backpropagation). Este algoritmo consiste en el ajuste sistemático de la fuerza de las conexiones internodales a fin de reducir la discrepancia entre la respuesta dada por el modelo conexionista y el estímulo que debe ser igualado. Mediante el algoritmo, el modelo emplea la discrepancia para retroalimentar a los nodos y las conexiones entre los diferentes ensayos, de tal manera que cada ensayo deberá tener una discrepancia menor que la obtenida por el ensayo previo. La tasa de cambio en los ajustes y el número de ensayos en los que ocurren son determinados por el diseñador del modelo.

En la propuesta conexionista, la plausibilidad de cualquier modelo debe medirse a partir de la recreación de los hallazgos en otros estudios (Elman et al., 1996; McLeod et al., 1998). En el presente reporte se comparan los resultados de la simulación con los hallazgos obtenidos por Ostrosky, Marcos y sus colaboradores en sus estudios con pacientes afásicos (Marcos et al., 2003; Ostrosky et al., 2003; Ostrosky et al., 1999; Ostrosky et al., 1996a; Ostrosky et al., 1996b); particularmente, se esperaba que las estrategias empleadas en la identificación de los papeles temáticos se basaran en el mayor y más constante uso de la preposición *a* y en el orden de

constituyentes principales de la oración (S, V y O), así como la identificación de los papeles temáticos. Tales transformaciones fueron logradas a través de las interacciones cooperativas de los nodos de procesamiento, mismos que integran la información de los nodos de registro encargados de examinar individualmente cada uno de los elementos de las oraciones estímulo, cuyas representaciones eran dependientes del arreglo horizontal en el que se encontraban los órdenes de las oraciones.

Estímulos

Se construyeron 720 oraciones activas simples basadas en el trabajo de Ostrosky et al. (1999) (e.g., El león golpeó a un tigre). Estas oraciones se conformaron con 60 parejas de sustantivos y 30 de verbos transitivos (cada verbo fue asignado a dos pares de sustantivos), dos artículos (de diferente nivel de determinación, *el* y *un*), la preposición *a* y un elemento que denotaba la ausencia de ésta. Este último elemento se introdujo con la finalidad de hacer equivalentes las frases nominales dentro de la oración, evitando así que la presencia de la preposición fuera informativa para el modelo (e.g., en la oración “El león golpeó a un tigre”, dos elementos integran la frase nominal del sujeto, El/león. La frase nominal del objeto consta de tres elementos, incluida la preposición *a/un/tigre*). Las palabras estímulo fueron representadas binariamente con base en la información contenida (de tipo gramatical, de clase de palabra y de papel temático). Las palabras estímulo de las oraciones no representaban un referente real, sino sólo un conjunto de las características de la palabra (e.g., “b Un S1 V1 a un S2”; donde b es el elemento que indica presencia/ausencia de la preposición y siempre antecede al artículo perteneciente al sujeto).

Con el propósito de comparar los hallazgos obtenidos en la simulación con los reportados en estudios con pacientes afásicos, se proporcionó al modelo la información que ha sido evaluada en diferentes estudios (cf. Marcos et al., 2003; Ostrosky et al., 2003; Ostrosky et al., 1999; Ostrosky et al., 1996; Ostrosky et al., 1996): orden de constituyentes, nivel de determinación de artículos y preposición *a*. Asimismo, se incorporó un apartado de información que estableciera una identidad particular para cada palabra (e.g., clase de palabra). Esta identidad particular tuvo dos objetivos: obligar que los modelos analizaran individualmente cada palabra estímulo, así como dotarlos de realismo (cf. Elman, 1990).

Los diferentes valores que asumieron cada uno de los apartados de información fueron representados mediante una codificación binaria de cada palabra, con excepción del orden de los elementos de la oración, el cual consistió en el arreglo horizontal de los elementos de la oración (e.g., la oración “b Un S1 V1 a un S2” era modificada para tener un arreglo “V1 a un S2 b Un S1”. Cada uno de dichos campos contuvo información dicotómica mutuamente excluyente (e.g., categoría de palabra abierta versus cerrada). Asimismo, en las palabras estímulo, de la clase de los sustantivos, se empleó un campo de información en los tutoriales para establecer el papel temático (véase Tabla 1). La información contenida en las palabras estímulo fue agrupada en cinco distintos campos de información que representaron algunas características de palabras reales. Las características contenidas en estos campos asumieron dos valores mutuamente excluyentes (e.g., clase de palabras: abierta Código 1 y cerrada Código 0). El campo de identidad particular representó una excepción en la codificación de las palabras debido a que para cada una de las 184 palabras estímulo existió un código irrepetible. Este código estuvo compuesto por combinatorias de ocho dígitos y fue asignado azarosamente con la finali-

Tabla 1

Codificación binaria de las palabras estímulo

Palabra	Clase	Categoría gramatical	Pragmática	Papel temático	Identidad particular
Sustantivo	1	1	1 0	1 0	—
Verbo	1	0	0 0	0 0	—
Preposición	0	1	0 0	0 0	—
Ausencia / Presencia	0	0	0 0	0 0	—
Artículo	0	1	0 0	0 0	—

dad de evitar patrones de información que brindaran más información para discriminar las palabras (e.g., verbos de sustantivos).

Se establecieron seis órdenes posibles para las oraciones (SVO, SOV, VSO, VOS, OSV, OVS). En estos órdenes no se alteró la estructura sintáctica ni el sentido de la oración. El total de las oraciones (720) se dividió en dos grupos del mismo tamaño (360 oraciones). Uno de ellos fue empleado durante la fase de entrenamiento o aprendizaje del modelo, así como para evaluar el comportamiento de los modelos lesionados. El segundo grupo de oraciones fue empleado durante la fase de evaluación en la que se estimó el empleo de las estrategias generadas por los tres modelos en este nuevo conjunto de oraciones (la generalización). La asignación de las oraciones a cada grupo se realizó aleatoriamente.

Los tutoriales fueron dispuestos en los seis diferentes órdenes con proporciones disímiles, a fin de evitar sesgos en las estrategias (e.g., implementación de una estrategia de aprendizaje basada en un solo orden). Con el objetivo de otorgar realidad a la representación de los tutoriales, su proporción fue establecida basándose en las preferencias de hispanohablantes por los diferentes órdenes; así los arreglos SVO y OVS son los más elegidos por los hispanohablantes, seguidos por VOS, VSO, OSV y SOV (Ostrosky et al., 1999; Solorio, 2003). La preferencia de los hablantes reflejaría, en alguna medida, la frecuencia de uso de tales órdenes así como la frecuencia y proporción que cada tipo de oración presenta en la lengua (J. O., Marcos, comunicación personal, 2003).

El entrenamiento del modelo fue llevado a cabo estableciendo los parámetros técnicos de la simulación como el rango de aprendizaje (la regla mediante la cual se modifican los pesos de las conexiones internodales y que se basa en la experiencia lograda por el modelo en sus exposiciones a los estímulos previos) y el momentum (este parámetro determina cuánto del cambio en el peso de las conexiones internodales será retenido en el siguiente ensayo), mediante simulaciones previas. La magnitud de los parámetros fue establecida hasta que el modelo produjera patrones regulares de cambio en el aprendizaje de la tarea de identificación de los papeles temáticos.

El modelo inicial fue sometido a tres diferentes estados del diseño, los cuales tuvieron los mismos valores en los pesos de las conexiones entre los nodos y en sus umbrales de activación. Los resultados del modelo que no sufrió daño deben ser identificados como los del modelo normal. Los

dos modelos restantes fueron dañados mediante modificaciones estructurales en sus diseños, ambas lesiones variaron en su ubicación y en el elemento alterado de su estructura. Las elecciones de los daños, la magnitud y la ubicación fueron establecidas a partir de diversas simulaciones hasta que se obtuvieron pautas consistentes e identificables del uso de los elementos de las oraciones (e.g., la activación de los mismos nodos de un sustantivo cuando éste era identificado como el objeto de una oración).

El primer tipo de daño, establecido por la remoción de nodos de procesamiento interno, limitó a la red en su capacidad de procesar las palabras estímulo sin alterar el registro de los estímulos ni la predicción de los tutoriales. En el segundo tipo de daño, logrado mediante la restricción de las conexiones entre las capas de nodos de procesamiento interno y de producción, las conexiones alteradas fueron elegidas nuevamente a través de simulaciones sucesivas, considerando su ubicación y fuerza. La magnitud del daño en ambos tipos de lesiones fue de 60%, estableciendo un elemento común entre ellos para su comparación.

RESULTADOS

Se analizó el desempeño de un modelo conexionista en una tarea de identificación de papeles temáticos en oraciones activas simples, y la generalización de estrategias posteriores a las alteraciones en el diseño del modelo. El aprendizaje que logró el modelo de la tarea fue analizado a través de las discrepancias entre los papeles temáticos identificados por el modelo y los tutoriales establecidos, así como el agrupamiento de los elementos de las oraciones basado en la información común. Asimismo, se analizaron las estrategias de solución del modelo con base en el porcentaje de empleo de los elementos de la oración, el cual fue calculado mediante la actividad mostrada por los nodos de procesamiento a lo largo de la tarea. Debe señalarse que la actividad mostrada por cada grupo de nodos durante la tarea sugiere el valor que para el modelo tiene la información del estímulo procesado; por lo tanto, el número de ensayos en los que se utilizó cada palabra fue consecuencia de la estrategia generada por la red para solucionar la tarea. Dicha estrategia estuvo condicionada por las variaciones en el orden de los elementos de la oración, el nivel de la determinación de los artículos y las condiciones del diseño.

Los análisis mencionados fueron realizados para las tres distintas condiciones del modelo: a) sin daño, b) lesionado por la remoción de nodos de procesamiento, y c) por la restricción de conexiones en las fases de entrenamiento y de evaluación. No obstante, por la designación aleatoria del número de oraciones en cada orden y la pérdida de algunas de ellas, los análisis estadísticos realizados, análisis de varianza de una sola vía y prueba t para grupos independientes, solamente incluyeron 944 oraciones para cada una de las tres condiciones del modelo.

El aprendizaje de la tarea se calculó mediante el análisis global de las discrepancias entre los valores predichos por el modelo y los tutoriales. Los datos de la Figura 2 representan el nivel de aprendizaje y el agrupamiento de los elementos de la oración de los modelos en las diferentes condiciones (sin lesión, remoción de nodos y restricción de conexiones). En la figura se muestra: a) la curva de aprendizaje entre el número de ensayos a los que se confrontó la red y las magnitudes de las diferencias entre los valores predichos y los tutoriales. Se representan los promedios de las sumas de cuadrados de dichas diferencias, donde una disminución en el monto indica una mayor precisión en dichos pronósticos. b) El análisis de grupo de los estímulos que conformaron las oraciones. Las distintas ramificaciones indican los grupos formados por el modelo basándose en las similitudes halladas. Si los elementos son contenidos en una rama particular es

debido a la similitud que encontró el modelo. Las distancias (líneas) horizontales con respecto al punto de origen (el principal eje vertical) indican la magnitud de error o diferencias en las predicciones por parte de la red (e.g., sustantivos y verbos fueron predichos con una mayor imprecisión que el artículo *el*). En el panel izquierdo de la figura, puede observarse que el máximo nivel de aprendizaje logrado por los tres modelos tuvo lugar alrededor de los 500 ensayos; en este punto, la suma de cuadrados de las discrepancias descendió de uno (modelo normal) a medio punto (modelos con lesión). Este resultado sugiere que el aprendizaje del modelo ocurrió con sólo dos exposiciones ante cada una de las oraciones estímulo. Por su parte, la curva de aprendizaje de los modelos lesionados mediante la remoción de nodos demuestra que la discrepancia inicial entre la predicción del modelo y los tutoriales es menor que en el modelo sin lesión. El modelo lesionado en conexiones mostró predicciones más erráticas de los resultados de la tarea, y la curva de aprendizaje fue más fluctuante.

Mediante el análisis de grupos y la categorización de los distintos estímulos conforme a las regularidades en su contenido, se detectó el origen de las discordancias entre los tutoriales y los valores predichos por el modelo. El dendograma mostrado en el panel derecho de la Figura 2 representa gráficamente las proximidades relativas de los grupos de estímulos, tal como son simbolizados por las

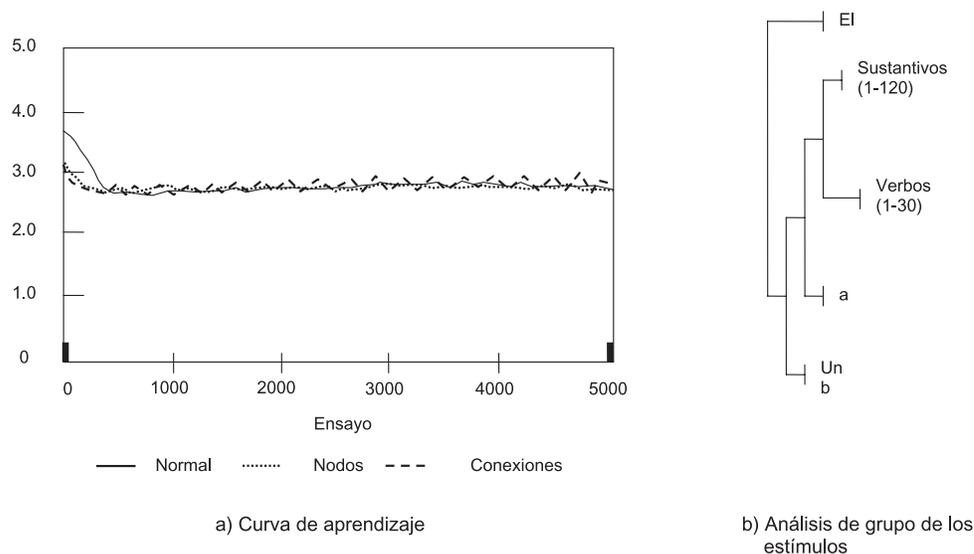


Figura 2. Estimaciones globales del aprendizaje de los modelos

unidades de procesamiento; las diversas ramificaciones muestran la semejanza en la información empleada para la conformación de las diversas categorías.

El modelo empleó diferencialmente los elementos de la oración, lo cual influyó en las construcciones de las diversas categorías. Elementos como los artículos o la preposición, aunque sin ser agrupados por la información que contenían, fueron los más próximos al punto de origen; mientras que los sustantivos y verbos mostraron las mayores distancias (debe mencionarse que en la construcción de las oraciones, las dos categorías mencionadas se conformaron por el mayor número estímulos-palabra). Por su parte, los estímulos restantes mostraron una discrepancia menor, aunque no fueron agrupados en la categoría a la que pertenecen, con excepción de la preposición *a*, que fue establecida como un grupo independiente. Esta conformación de grupos de estímulos ocurrió en todas las condiciones del modelo, lo cual sugiere que las diferencias que podrían encontrarse en el desempeño de las mismas se deben al empleo de las regularidades en las oraciones estímulo.

Las posibles diferencias estadísticamente significativas en el empleo de los elementos de la oración fueron estimadas mediante un análisis de varianza de una sola vía. Para realizar este análisis se contabilizaron las oraciones en las que se activaron los nodos de procesamiento de algunos elementos de la oración (los sustantivos que funcionaron como sujeto y/o objeto de la oración, el verbo y la preposición). Se comparó el empleo de estos elementos en las diferentes condiciones del modelo (sin lesión, lesión vía nodos y lesión vía conexiones), en los seis distintos órdenes de las oraciones y en las situaciones de evaluación y generalización. Cuando se comparó el uso de los elementos en las tres condiciones del modelo y los seis órdenes oracionales se encontraron diferencias significativas para el sujeto de la oración $F(2, 941) = 64.67, p < .001$, verbo $F(2, 941) = 70.51, p < .001$ y el objeto $F(2, 941) = 66.53, p < .001$. En ambas condiciones de lesión el empleo de estos elementos disminuyó en comparación con el uso que hizo de ellos el modelo sin lesión (véase la Figura 3).

El empleo de la preposición mostró una variación significativa $F(2, 941) = 141.93, p < .001$ asociada a los diferentes órdenes de la oración y las condiciones del modelo. Este elemento fue constantemente utilizado en los diferentes órdenes y condiciones, con excepción del arreglo VOS (verbo a un S2 un S1) donde en la condición del modelo sin lesión así como en restricción de conexiones

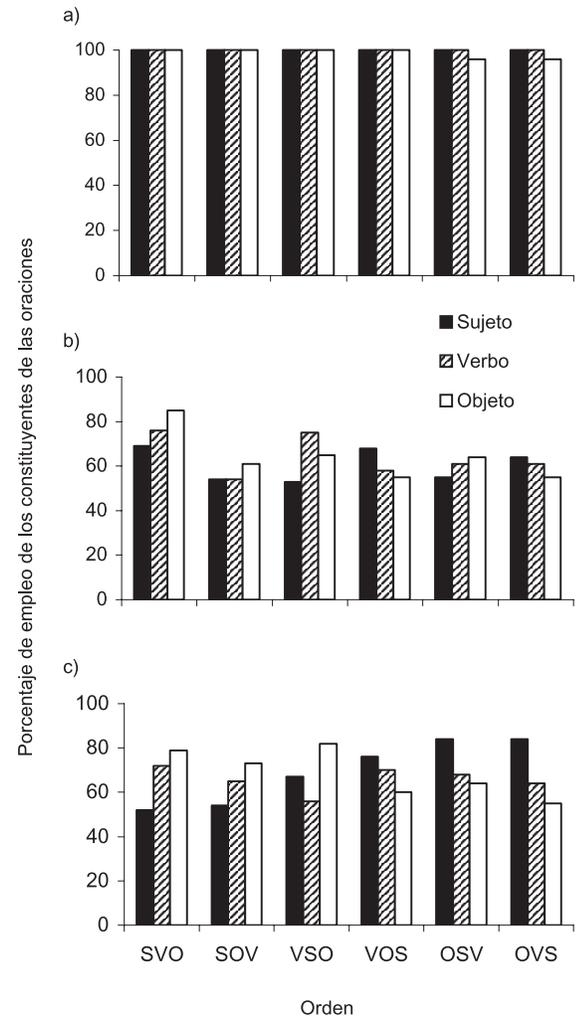


Figura 3. Porcentaje de empleo de los constituyentes en los seis distintos órdenes oracionales y en las condiciones del modelo: a) sin lesión, b) lesión mediante remoción de nodos, y c) lesión mediante restricción de conexiones. Las barras verticales señalan el porcentaje de empleo de los elementos de la oración en cada orden de las oraciones; la estimación porcentual fue realizada en el total de oraciones que integraron cada uno de los diferentes órdenes y que contenían el elemento de la oración

no fue empleado; asimismo, en el orden OVS tampoco fue empleada la preposición en la condición de restricción de conexiones (Figura 4).

En el empleo de los artículos hubo diferencias significativas asociadas a las condiciones del modelo. En la condición sin lesión, el modelo empleó con mayor frecuencia

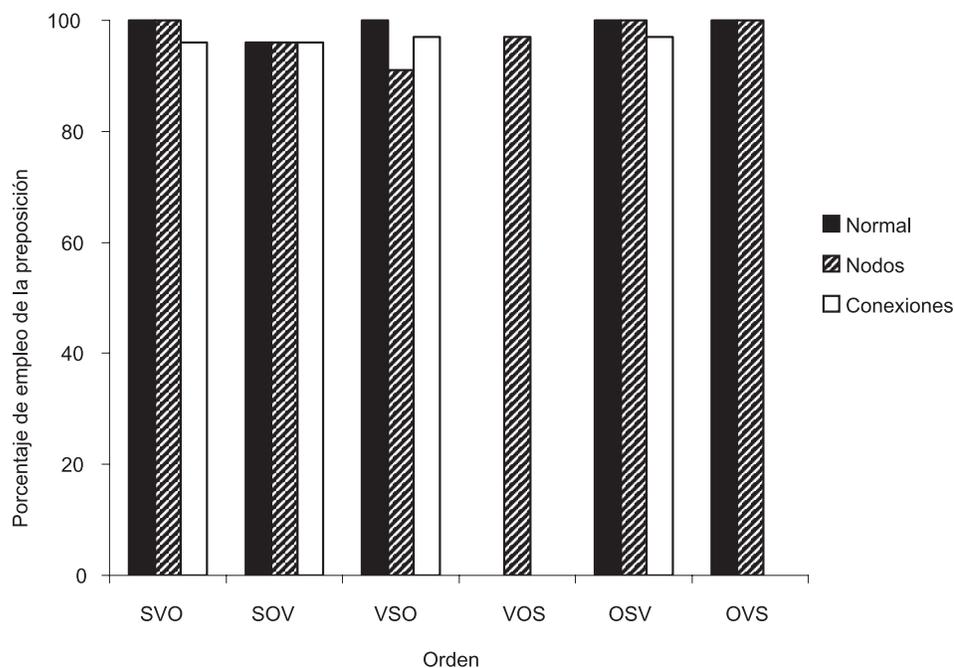


Figura 4. Porcentaje de empleo de la preposición *a* en los seis distintos órdenes oracionales y en las condiciones del modelo: sin lesión (normal), remoción de nodos (nodos) y restricción de conexiones (conexiones). Las barras verticales señalan el porcentaje de empleo de los elementos de la oración en cada orden de las oraciones; la estimación porcentual fue realizada en el total de oraciones que integraron cada uno de los diferentes órdenes y que contenían el elemento de la oración

el artículo determinado cuando éste antecedió al sujeto que al objeto de la oración F de Levene = 1815.9, $p < .001$ y $t(158) = 10.34$, $p < .001$. Del otro lado, el artículo indeterminado fue más usado cuando antecedió al objeto F de Levene = 1.59, $p > .05$ y $t(154) = -3.47$, $p < .01$.

En las condiciones de lesión, el modelo esencialmente empleó el artículo determinado cuando éste precedía tanto al sujeto F de Levene = 11.73, $p < .01$ y $t(160) = 28.66$, $p < .001$, y F de Levene = 11.79, $p < .001$ y $t(164) = 12.36$, $p < .001$ (en las condiciones de remoción de nodos y en restricción de conexiones, respectivamente) como al objeto (en la condición de retiro de nodos), F de Levene = 13.64, $p < .001$ y $t(160) = -26.20$, $p < .001$; por su parte, en la condición de restricción de conexiones F de Levene = 4.91, $p < .05$ y $t(164) = -3.81$, $p < .001$.

En la situación de evaluación, donde los modelos confrontaron el nuevo grupo de oraciones estímulo, se analizaron las estrategias empleadas en la identificación de papeles temáticos; los procedimientos de análisis fueron los mismos que se usaron en la situación de entrenamien-

to. No se obtuvieron diferencias significativas en el empleo de los elementos de las oraciones asociadas al orden en el modelo normal: el sujeto, verbo y objeto fueron empleados de manera consistente y en la misma magnitud a lo largo de los seis distintos órdenes. De la misma manera, en la condición de daño por remoción de nodos los constituyentes mencionados se emplearon a lo largo de los seis distintos órdenes, aunque no en todos los ensayos. Pese a la gran variabilidad mostrada en el uso de tales elementos, no se presentaron diferencias significativas vinculadas al orden. Por su parte, en la condición de restricción de conexiones el empleo de los elementos de la oración fue semejante al ocurrido en la de remoción de nodos; asimismo, no hubo diferencias significativas en el uso de aquéllos (Figura 6).

El empleo de la preposición disminuyó significativamente en las diferentes condiciones del modelo en comparación con su uso en la fase previa. De manera particular, en la condición sin daño la preposición sólo fue utilizada en aquellos casos donde el sujeto precedió

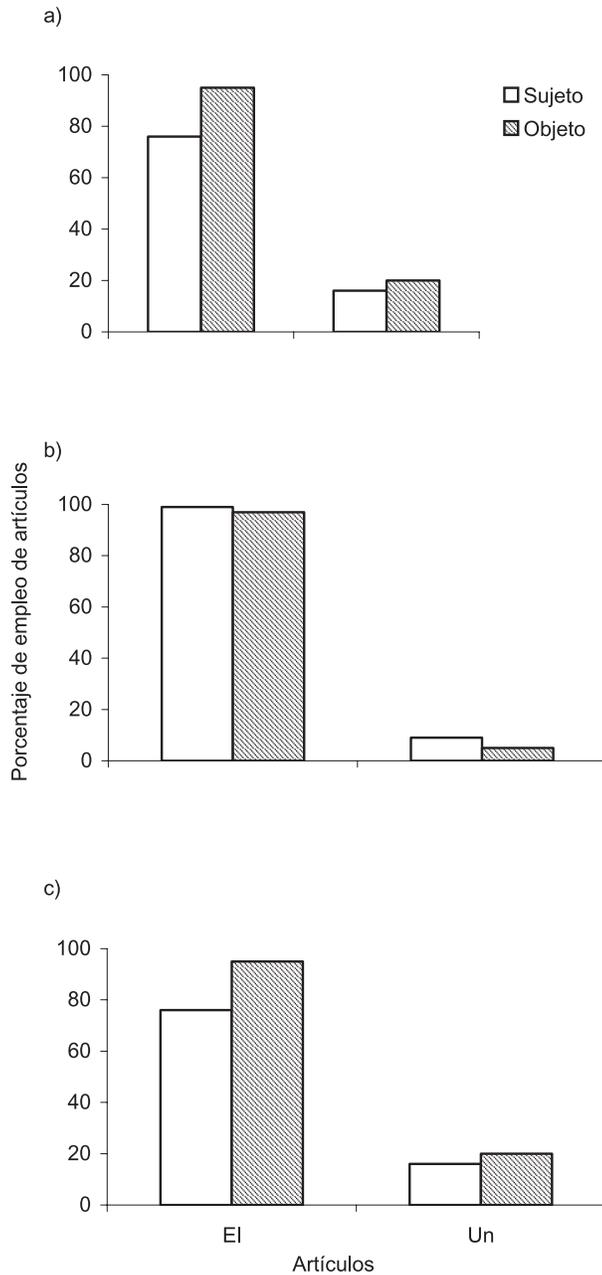


Figura 5. Porcentaje de empleo total de artículos con diferente nivel de determinación antecedendo al sujeto y al objeto, en las diferentes condiciones del modelo: a) sin lesión, b) lesión mediante remoción de nodos, y c) lesión mediante restricción de conexiones

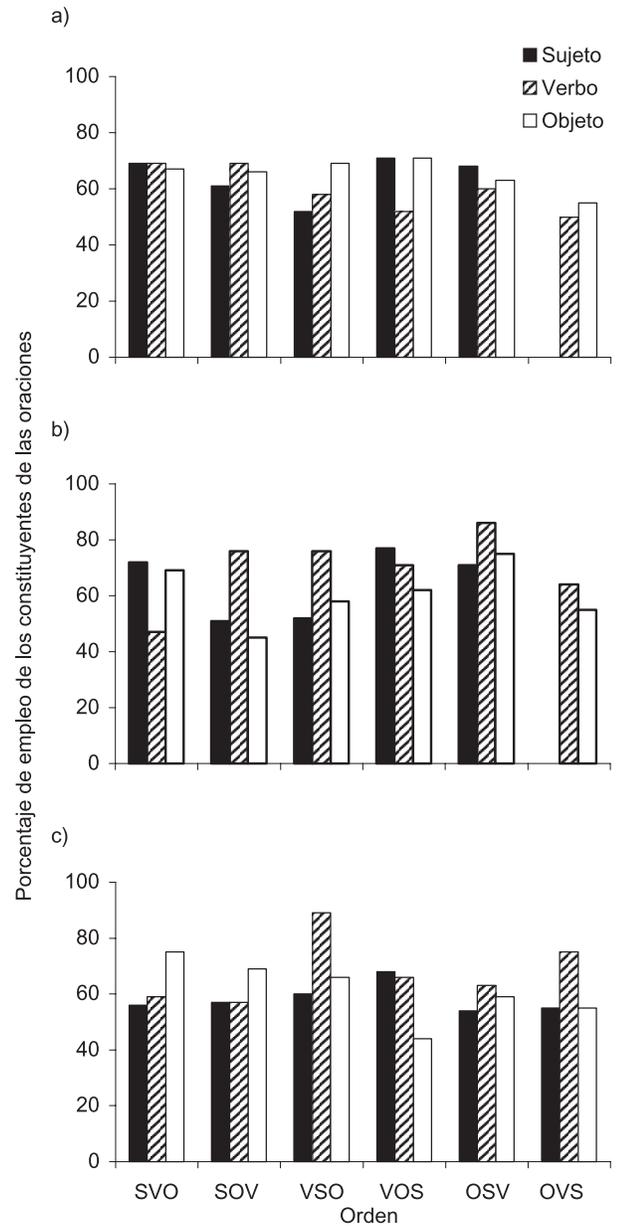


Figura 6. Porcentaje de empleo de los constituyentes de las oraciones en los seis distintos órdenes oracionales y en las condiciones del modelo: a) sin lesión, b) lesión mediante remoción de nodos, y c) lesión mediante restricción de conexiones; fase evaluación. Las barras verticales señalan el porcentaje del empleo de los elementos de la oración en cada orden de las oraciones; la estimación porcentual fue realizada en el total de oraciones que integraron cada uno de los diferentes órdenes y que contenían el elemento de la oración

al objeto de la oración, como son los arreglos SVO, SOV y VSO $F(5, 306) = 3.63, p < .01$.

Asimismo, en las condiciones de lesión, el empleo de la preposición mostró diferencias significativas asociadas al orden de las oraciones en la remoción de nodos $F(5, 313) = 95.0, p < .001$ y en la restricción de conexiones $F(5, 313) = 91.0, p < .001$. La Figura 7 muestra que en la condición de remoción de nodos se empleó la preposición en casi todos los órdenes, con excepción de VOS; por su parte, en la restricción de conexiones no se utilizó en los órdenes VOS y OSV. De manera notable, entre las condiciones del modelo hubo diferencias en el uso de dicha preposición, donde el mayor empleo ocurrió en la remoción de nodos (asimismo, el uso de la preposición fue mayor en ambas condiciones de lesión que en la normal).

De la misma manera, algunas pautas de empleo de los artículos con diferente nivel se mantuvieron en esta fase aunque su uso disminuyó claramente. Tal es el caso de la condición sin lesión donde se utilizó en mayor medida el artículo determinado que el indeterminado an-

tecediendo al sujeto F de Levene = 185.57, $p < .001$ y $t(158) = 5.09, p < .001$ y al objeto F de Levene = 156.00, $p < .001$ y $t(158) = -4.53, p < .001$. Por otro lado, en la condición de remoción de nodos no hubo diferencias significativas en los artículos que antecedían al objeto o al sujeto; asimismo, en la restricción de conexiones tampoco hubo diferencias significativas para los artículos precediendo al sujeto y al objeto. Cabe señalar que en la remoción de nodos hubo un mayor empleo de los artículos que antecedían al objeto que al sujeto (Figura 8).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se simuló la alteración y recuperación de funciones provocadas por un trastorno tipo afasia de Broca en una tarea de identificación de papeles temáticos en oraciones activas simples. Las simulaciones realizadas por los modelos conexionistas comprenden tareas muy simples debido a la necesidad de claridad, por ello, los resultados aquí obtenidos se refieren exclusivamente

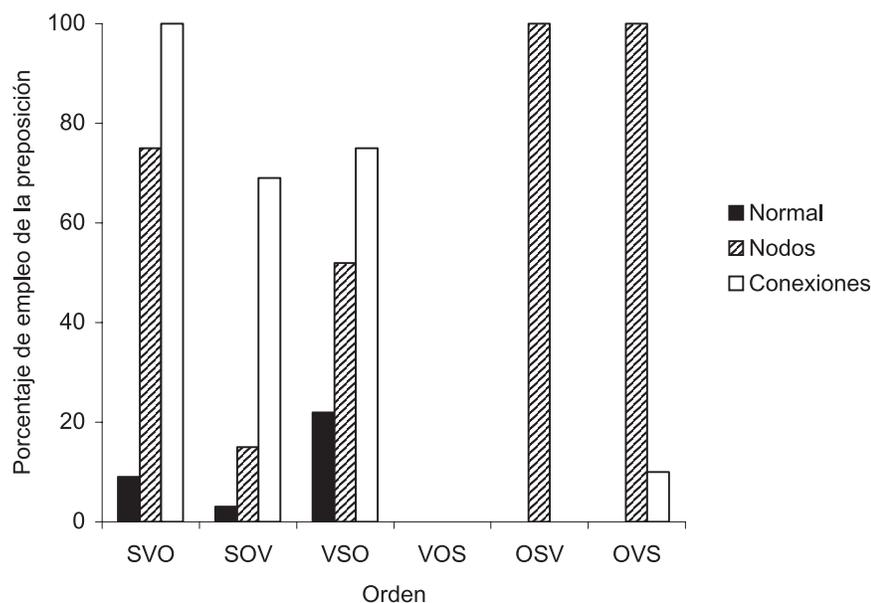


Figura 7. Porcentaje de empleo de la preposición *a* en los seis distintos órdenes oracionales y en las condiciones del modelo: sin lesión (normal), remoción de nodos (nodos) y restricción de conexiones (conexiones); fase evaluación. Las barras verticales señalan el porcentaje del empleo de los elementos de la oración en cada orden de las oraciones. La estimación porcentual fue realizada en el total de oraciones que integraron cada uno de los diferentes órdenes y que contenían el elemento de la oración

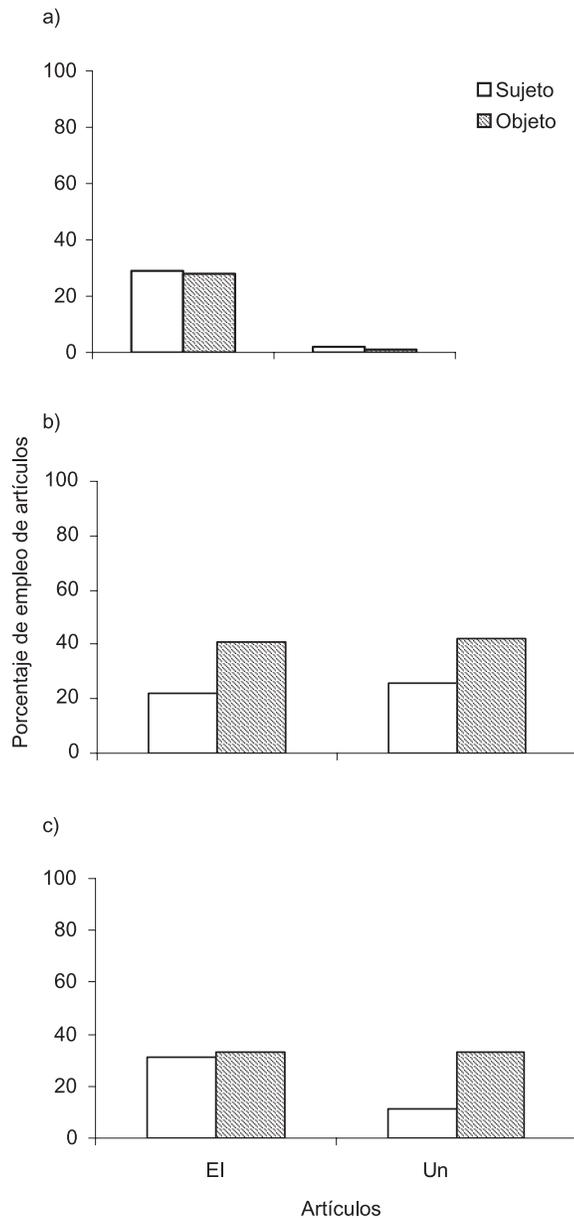


Figura 8. Porcentaje de empleo total de artículos con diferente nivel de determinación antecedendo al sujeto y al objeto en las diferentes condiciones del modelo: a) sin lesión, b) lesión mediante remoción de nodos, y c) lesión mediante restricción de conexiones; fase evaluación. Las marcas señalan el porcentaje del empleo de los elementos de la oración en cada orden de las oraciones; la estimación porcentual fue realizada en el total de oraciones que integraron cada uno de los diferentes órdenes y que contenían el elemento de la oración

a la alteración y recuperación de las funciones de un modelo conexionista en la simulación de una tarea de identificación de papeles temáticos como la realizada por Ostrosky et al. (1999) a pacientes con afasia tipo Broca.

Los modelos solucionaron la tarea de identificación de los papeles temáticos aunque prevaleció una magnitud de error en las predicciones, la cual es atribuible a las dificultades en el procesamiento de información específica como la identidad individual de cada palabra (véase Elman, 1990). La similitud de los resultados obtenidos en los modelos lesionados, en las fases de evaluación y generalización, sugieren la importancia y estabilidad de la información relevante de las oraciones estímulo para solucionar la tarea, pese a la presencia de contenidos redundantes (cf. Plunkett & Elman, 1997), como lo fue la información que asigna una identidad particular a cada palabra.

El modelo empleó consistentemente, a lo largo de los diferentes órdenes y de las condiciones, la preposición *a* y el orden de los elementos de la oración durante la tarea de identificación de los papeles temáticos. A diferencia de otro tipo de información, la preposición y el orden fueron usados en los modelos que sufrieron alteraciones, incluso en la fase de generalización. Esta consistencia en el empleo de ambas características indica la importancia que las mismas tuvieron para la solución de la tarea por parte de los modelos. Estos resultados concuerdan con los de los diversos estudios realizados en México, los que han demostrado la confiabilidad que en el español tienen las características enunciadas en la identificación de los papeles temáticos (Marcos et al., 2003; Ostrosky et al., 2003; Ostrosky et al., 1999; Ostrosky, Marcos, et al., 1996; Ostrosky, Rigalt et al., 1996). En contraste, en otras lenguas el único elemento confiable y suficiente para la identificación de los papeles temáticos es el orden de los elementos de la oración (Bastiaanse et al., 2003; Beeke, Wilkinson & Maxim, 2003; Friedmann & Shapiro, 2003; Grodzinsky, 2000; Hagiwara & Caplan, 1990; Bates et al., 1987a, 1987b; Caramazza & Zurif, 1976).

Uno de los puntos centrales del presente trabajo son las simulaciones de las alteraciones lingüísticas en la afasia de Broca. A este respecto cabe considerar que así como los modelos conexionistas no están basados en un reduccionismo biológico sino en los procesos (McLeod et al., 1998), las lesiones ocasionadas a los modelos aquí sugeridos no pretendieron reflejar la realidad biológica

de las alteraciones en las redes neuronales dañadas en la afasia de Broca, sino las posibles variaciones en el proceso de un déficit en una función específica (en este caso la identificación de los papeles temáticos). Asimismo, y al igual que las características representadas de las palabras, las alteraciones estructurales a los modelos son sólo algunas de las posibles variantes y no agotan la diversidad de las alteraciones que pueden ocurrir (véase Lukatela, Shankweiler, & Crain, 1995).

Las diferencias encontradas sobre el empleo de los elementos de la oración, asociadas a los tipos de lesión, ocurrieron en las fases de entrenamiento y evaluación. El daño mediante la remoción de nodos, el cual limitaba la capacidad de procesamiento de la información, mostró una mayor similitud con el comportamiento de sujetos afásicos reportado por Ostrosky y Marcos (Marcos et al., 2003; Ostrosky et al., 2003; Ostrosky et al., 1999; Ostrosky, Marcos, et al., 1996; Ostrosky, Rigalt et al., 1996), en el empleo recurrente de la preposición *a* como una marca confiable para la identificación de los papeles temáticos, y en el uso relativo del orden de los elementos en la solución de la tarea.

De manera relevante, debe señalarse que en la interacción en el uso del orden de los elementos de la oración y la preposición en el orden VOS de los constituyentes, esta última, la preposición *a*, no fue empleada. Este resultado parece sugerir que el modelo detectó la importancia del arreglo VO (verbo-objeto), como en el orden VOS, el cual puede ser una marca confiable en la identificación de los papeles temáticos (donde cualquier sustantivo que suceda al verbo sería el objeto receptor de la acción representada por aquél). Al parecer existió una competencia entre las distintas marcas o información disponible al modelo: por un lado, la posición de la preposición y su posición pre-objeto oracional; y por otro, el arreglo VO. En la estructura VOS, el verbo se encuentra disponible en primera instancia para el lector, por lo tanto lo utiliza como estrategia recurrente en la identificación de los papeles temáticos. Este resultado puede deberse al conflicto generado por la ocurrencia simultánea de dos señales (Ostrosky et al., 1999).

De existir semejanzas entre el proceso realizado por el modelo conexionista y el que realiza una red neuronal real en una tarea de identificación de papeles temáticos, la alteración o déficit de dicho procedimiento tendría lugar en el procesamiento de cada uno de los elementos de la oración, es decir, en la limitación del reconocimiento

de las características relevantes y necesarias en su empleo en la solución de la tarea. De ser así, este resultado estaría en consonancia con lo obtenido por Lukatela et al. (1995), Kilborn y Friederici (1994), y Friederici y Kilborn (1989), quienes en sus respectivos estudios encontraron resultados que apoyan la hipótesis de limitaciones en el procesamiento de la información, aunque la hipótesis de pérdida de la información lingüística también ha encontrado apoyo en los trabajos de Ter Keurs y sus colaboradores (Ter Keurs, Brown, & Hagoort, 2002; Ter Keurs, Brown, Hagoort, & Stegeman, 1999).

Durante la simulación de las alteraciones lingüísticas, las diferencias en ubicación y estructuras lesionadas generan o producen restricciones en el procesamiento de la información y su tipo. Mediante la eliminación de las unidades especializadas en el procesamiento (nodos oculotos), se impidió el procesamiento de la información de los elementos de la oración (la integración, el procesamiento y la producción de la información); aun cuando el aprendizaje de la tarea (representado en las diferentes fuerzas de las conexiones interneuronales) se encuentra preservado.

El resultado del presente trabajo (patrones evidentes de empleo de elementos y menores discrepancias en las predicciones de la red en la condición de remoción de nodos) está en concordancia con los estudios sobre plasticidad en la afasia de Broca, los cuales han señalado que el mejor nivel de recuperación de las funciones alteradas es debido a la activación de áreas aledañas (cf., Thomas et al., 1997), mientras que la mejoría por la vía de activación de áreas homólogas es consecuencia de una mala recuperación (Pizzamaglio et al., 2001).

Finalmente, el modelo revisado en el presente trabajo constituye sólo una aproximación al estudio de la afasia de Broca empleando la propuesta conexionista, y como tal posee algunas limitaciones que deben ser consideradas en la valoración del modelo estudiado para su ulterior mejora y replicación. Entre estas limitaciones puede mencionarse el empleo de sólo un algoritmo de aprendizaje (retropropagación), por lo que diferencias en los patrones de aprendizaje resultantes del uso de otros algoritmos no es considerada.

De igual manera, los estímulos empleados representaron solamente algunas de las marcas o regularidades que un hispanohablante podría emplear en la solución de una tarea análoga a la presentada al modelo –e.g., el empleo de la pragmática (Ostrosky et al., 2003).

Finalmente, el número de oraciones creado es limitado y únicamente presentó una estructura lingüística a la red, por lo que el conocimiento de los elementos de la oración se limita a su función dentro de dicha estructura, no pudiendo extender su conocimiento a nuevas estructuras lingüísticas.

REFERENCIAS

- Bastiaanse, R., Koekoek, J., & Van Zonneveld, R. (2003). Object scrambling in dutch Broca's aphasia. *Brain and Language*, 86, 287-299.
- Bastiaanse, R., Rispens, J., Ruigendijk, E., Rabadan, O., & Thompson, C. K. (2002). Verbs: Some properties and their consequences for agrammatic Broca's aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 15, 239-264.
- Bates, E., Friederici, A., & Wulfeck, B. (1987a). Comprehension in aphasia: A cross-linguistic study. *Brain and Language*, 32, 19-68.
- Bates, E., Friederici, A., & Wulfeck, B. (1987b). Grammatical morphology in aphasia: Evidence from three languages. *Cortex*, 23, 545-574.
- Beeke, S., Wilkinson, R., & Maxim, J. (2003). Exploring aphasic grammar 2: Do language testing and conversation tell a similar story? *Clinical Linguistics & Phonetics*, 17, 109-134.
- Benson, D. F., & Ardila, A. (1996). *Aphasia: A clinical perspective*. Nueva York, EU: Oxford Press.
- Beretta, A., Schmitt, C., Halliwell, J., Munn, A., Cuetos, F., & Kim, S. (2001). The effects of scrambling on Spanish and Korean agrammatic interpretation: Why linear models fail and structural models survive. *Brain and Language*, 79, 407-425.
- Botvinick, M., & Plaut, D. C. (2006). Short-term memory for serial order: A recurrent neural network model. *Psychological Review*, 113, 201-233.
- Cappa, A. F., Perani, D., Grassi, F., Bressi, S., Alberoni, M., Franceschi, M., Bettinardi, M., Todde, M., & Fazio, M. (1997). A PET follow-up study of recovery after stroke in acute aphasics. *Brain and Language*, 56, 55-67.
- Caramazza, A., & Zurif, E. B. (1976). Dissociation of algorithmic and heuristic processes in language comprehension: Evidence from aphasia. *Brain and Language*, 3, 572-582.
- Castro-Viejo, P. I. (1996). Plasticidad cerebral. *Revista de Neurología*, 24, 1361.
- Code, C., Rowley, D., & Kertesz, A. (1994). Predicting recovery from aphasia with connectionist networks: Preliminary comparisons with multiple regression. *Cortex*, 30, 527-532.
- Cohen, L. G., Ziemann, U., Chen, R., Classen, J., Hallett, M., Gerloff, C., & Butefisch, C. (1998). Studies of neuroplasticity with transcranial magnetic stimulation. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15, 305-324.
- Comrie, B. (1989). *Language universals and linguistic typology: Syntax and morphology*. Oxford, Inglaterra: Basil Blackwell.
- Elman, J. L. (1990). Finding structure in time. *Cognitive Science*, 14, 179-211.
- Elman, J. L., Bates, E. A., Johnson, M., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1996). *Rethinking innateness: A connectionist perspective on development*. Cambridge, MA, EU: MIT Press.
- Friederici, A., & Kilborn, K. (1989). Temporal constraints on language processing: Syntactic priming in Broca's aphasia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 262-272.
- Friedmann, N., & Shapiro, L. P. (2003). Agrammatic comprehension of simple active sentences with moved constituents: Hebrew OSV and OVS structures. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 288-297.
- Giraud, A. L., Price, C. J., Graham, J. M., & Frackowiak, R. S. (2001). Functional plasticity of language-related brain areas after cochlear implantation. *Brain*, 124, 1307-1316.
- Grafman, J. (2000). Picking two scientific roses for the next century. *Brain and Cognition*, 42, 10-12.
- Grodzinsky, Y. (2000). The neurology of syntax: Language use without Broca's area. *Behavioral and Brain Sciences*, 23, 1-71.
- Hagiwara, H., & Caplan, D. (1990). Syntactic comprehension in Japanese aphasics: Effects of category and thematic role order. *Brain and Language*, 51, 242-268.
- Heiss, W. D., Kessler, J., Thiel, A., Ghaemi, M., & Karbe, H. (1999). Differential capacity of left and right hemispheric areas for compensation of poststroke aphasia. *Annals of Neurology*, 45, 430-438.
- Hertz-Pannier, L., Chiron, C., Jambaqué, I., Renaux-Kieffer, V., Van de Moortele, P., Delalande, O., Fohlen, M., Brunelle, F., & Le Bihan, D. (2002). Late plasticity for language in a child's non-dominant hemisphere, a pre- and post-surgery fMRI study. *Brain*, 125, 361-372.
- Kemperman, G., & Gage, F. H. (1998). Closer to neurogenesis in adult humans. *Nature Medicine*, 4, 555-557.
- Kilborn, K. W., & Friederici, A. D. (1994). Cognitive penetrability of syntactic priming in Broca's aphasia. *Neuropsychology*, 8, 83-90.
- Kolb, B. (1999). Synaptic plasticity and the organization of behaviour after early and late brain injury. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 53, 62-75.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (1998). Brain plasticity and behavior. *Annual Review of Psychology*, 49, 43-64.
- Labiouse, C., & French, R. M. (2001). A connectionist model of person perception and stereotype formation. En R. French y J. Sougné (Eds.). *Connectionist models of learning, development and evolution: Proceedings of the sixth neural computation and psychology workshop*. Lieja, Bélgica, 16-18 de septiembre de 2000, pp. 209-218, Londres, Reino Unido: Springer Verlag.
- Lukatela, K., Shankweiler, D., & Crain, S. (1995). Syntactic processing in agrammatic aphasia by speakers of a Slavic language. *Brain and Language*, 49, 50-76.
- Marcos, J. O., Ostrosky, F., & Ardila, A. (2003). Procesamiento sintáctico en hispanohablantes. Estudios psicolingüísticos. En E. Matute y F. Leal Carretero (Eds.). *Introducción al estudio*

- del español desde una perspectiva multidisciplinaria* (pp. 427-450). Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- McClelland, J. L., Mirman, D., & Holt, L. L. (2006). Are there interactive processes in speech perception? *Trends in Cognitive Sciences*, *10*, 363-369.
- McEwen, B. S. (1999). Permanence of brain sex differences and structural plasticity of the adult brain. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*, *96*, 7128-7130.
- McLeod, P., Plunkett, K., & Rolls, E. T. (1998). *Introduction to connectionist modeling of cognitive processes*. Oxford, Gran Bretaña: Oxford University Press.
- Mirković, J., MacDonald, M. C., & Seidenberg, M. S. (2005). Where does gender come from? Evidence from a complex inflectional system. *Language and Cognitive Processes*, *20*, 139-168.
- Moses, P., & Stiles, J. (2002). The lesion methodology: Contrasting views from adult and child studies. *Developmental Psychobiology*, *40*, 266-277.
- O'Brien, G. & Opie, J. (2002). Radical connectionism: Thinking with (not in) language, *Language and Communication*, *22*, 313-329.
- Ostrosky, F., Marcos, J. O., & Ardila, A. (2003). Procesamiento sintáctico en hispanohablantes. Estudios neurolingüísticos. En E. Matute y F. Leal Carretero (Eds.). *Introducción al estudio del español desde una perspectiva multidisciplinaria* (pp. 451-468). Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Ostrosky, F., Marcos, J. O., Ardila, A., Rosselli, M., & Palacios, S. (1999). Syntactic comprehension in Broca's aphasic Spanish-speaking: Nule effects of word order. *Aphasiology*, *13*, 553-571.
- Ostrosky, F., Marcos, J. O., Palacios, S., Chávez, H., & Leiva, S. (1996a). Language deficits in Spanish: A neurolinguistic study in aphasics. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *1*, 12-16.
- Ostrosky, F., Rigalt, C., & Marcos, J. (1996b). Brain potentials and syntax comprehension: Effect of thematic word order. *Brain and Cognition*, *30*, 297-303.
- Papanicolaou, A. C., Moore, B. D., Deutsch, G., Levin, H. S., & Eisenberg, H. M. (1986). Evidence for right-hemisphere involvement in recovery from aphasia. *Archives of Neurology*, *45*, 1025-1029.
- Pizzamaglio, L., Galati, G., & Comitteri, G. (2001). The contribution of functional neuroimaging to recovery after brain damage: A review. *Cortex*, *37*, 11-31.
- Plaut, D. C. (1999). A connectionist approach to word reading and acquired dyslexia: Extension to sequential processing. *Cognitive Science*, *23*, 543-568.
- Plaut, D. C. (1996). Relearning after damage in connectionist networks: Toward a theory of rehabilitation. *Brain and Language*, *52*, 25-82.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, *103*, 56-115.
- Plunkett, K., & Elman, J. L. (1997). *Exercises in rethinking innateness: A handbook for connectionist simulations*. Cambridge, MA, EU: MIT Press.
- Plunkett, K., & Marchman, V. (1993). From rote learning to system building: Acquiring verb morphology in children and connectionist nets. *Cognition*, *48*, 21-69.
- Plunkett, K., & Marchman, V. (1996). Learning from a connectionist model of the English past tense. *Cognition*, *61*, 299-308.
- Reggia, J., Ruppini, E., & Sloan-Berndt, R. (1997). Computer models: A new approach to the investigation of disease. *Computing*, *14*, 160-168.
- Seidenberg, M. S. (2005). Connectionist models of word reading. *Current Directions in Psychological Science*, *14*, 238-242.
- Solorio, G. M. (2003). *Asignación de roles temáticos en función del uso de marcas lingüísticas: Un estudio en preescolares hispanohablantes*. Tesis de doctorado no publicada, México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Stiles, J. (2000). Neural plasticity and cognitive development. *Developmental Neuropsychology*, *18*, 237-272.
- Ter Keurs, M., Brown, C. M., & Hagoort, P. (2002). Lexical processing of vocabulary class in patients with Broca's aphasia: An event-related brain potential study on agrammatic comprehension. *Neuropsychologia*, *40*, 1547-1561.
- Ter Keurs, M., Brown, C. M., Hagoort, P., & Stegeman, D. F. (1999). Electrophysiological manifestation of open-and closed-class words in patients with Broca's aphasia with agrammatic comprehension. An event-related brain-potential study. *Brain*, *122*, 839-854.
- Thomas, C., Altenmüller, E., Marckmann, G., Kahrs, J., & Dichgans, J. (1997). Language processing in aphasia: Changes in lateralization patterns during recovery reflect cerebral plasticity in adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *102*, 86-97.
- Thompson, C. K., Shapiro, L. P., Kiran, S., & Sobecks, J. (2003). The role of syntactic complexity in treatment of sentence deficits in agrammatic aphasia: The complexity account of treatment efficacy (CATE). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *46*, 591-607.
- Warburton, E., Price, C. J., Swinburn, K., & Wise, R. J. (1999). Mechanisms of recovery from aphasia: Evidence from positron emission tomography studies. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, *66*, 155-161.
- Wermter, S., Panchev, C., & Houlshby, J. (1999). Language disorders in the brain: Distinguishing aphasia forms with recurrent networks. *Proceedings of AAAI*99 Conference Workshop on Neuroscience and Neural Computation* (pp. 93-98), Orlando, Florida, EU
- Zohary, E., Celebrini, S., Britten, K. H., & Newsome, W. T. (1994). Neuronal plasticity that underlies improvement in perceptual performance. *Science*, *263*, 1289-1292.

Recibido 04, 02, 06

Aceptación final 19, 09, 07

