

MEMORIA PROCEDIMENTAL Y COMPLEJIDAD SINTÁCTICA EN ESTUDIANTES HISPANOHABLANTES

PEDRO ALFARO-FACCIO

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso – Chile

ALEJANDRA FIGUEROA-LEIGHTON

Universidad de Valparaíso – Chile

RESUMEN: El objetivo de esta investigación (Proyecto Fondecyt 11160978) ha sido determinar la incidencia de la memoria procedimental en la complejidad sintáctica en sujetos en edad escolar con desarrollo lingüístico y cognitivo típico. Para ello se realizó una investigación *ex post facto* retrospectiva en la que se evaluó a 119 sujetos, subdivididos en cinco grupos de diferentes niveles escolares: preescolar, 2.º, 4.º, 6.º y 8.º de primaria. Para la memoria procedimental se utilizó una tarea de reacción serial de aprendizaje implícito de una serie viso-espacial. Para dar cuenta de la sintaxis, se analizaron los nodos de dependencia sintáctica presentes en narraciones orales recontadas por los sujetos. Los datos fueron correlacionados y luego se aplicó un modelo de regresión lineal para predecir la incidencia de una variable sobre la otra. Los resultados indicaron correlaciones significativas ($<1,96$ según valor de tabla estándar) en cada uno de los grupos (pre = 0.72; 2.º = 0.75; 4.º = 0.74; 6.º = 0.79; 8.º = 0.70). El modelo de regresión arrojó valores de R^2 superiores a 0.5.

Palabras clave: Memoria procedimental, desarrollo típico, tarea de reacción serial, complejidad sintáctica

PROCEDURAL MEMORY AND SYNTACTIC COMPLEXITY IN SPANISH STUDENTS

ABSTRACT: This research (Fondecyt Project 11160978) aims to determine the influence of procedural memory levels on syntactic complexity in school-age subjects with typical linguistic and cognitive development. For this reason, a retrospective ex post facto research was conducted in which 119 subjects were evaluated. These subjects were divided into five groups of different school levels: preschool, second grade, fourth grade, sixth grade, and eighth grade from primary school. In terms of procedural memory, an implicit learning serial reaction time (SRT) task was

*Para correspondencia, dirigirse a: Pedro Alfaro (pedro.alfaro@pucv.cl); Alejandra Figueroa (alejandra.figueroa@uv.cl).

applied using visual-spatial series. To report syntax, we conducted an analysis of nodes of syntactic dependency present in oral narratives retold by subjects. Data was correlated and therefore a linear regression model was applied to predict the influence of one variable over the other. Results revealed significant correlations (<1.96 according to the standard index value) in each group (preschool=0.72; second grade=0.75; fourth grade=0.74; sixth grade=0.79; eight grade=0.70). The regression model reported R 2 values over to 0.5.

KEYWORDS: procedural memory, typical development, serial reaction task, syntactic complexity

1. INTRODUCCIÓN

Desde una perspectiva neurocognitiva, Ullman ha planteado el *Declarative/Procedural Model*, un modelo dual del lenguaje con implicaciones respecto de su aprendizaje, almacenamiento y procesamiento (2001a, 2001b, 2004, 2007, 2008, 2012). Esta propuesta señala que el lenguaje está constituido por dos componentes: un ‘Lexicón’ y una ‘Gramática’, y que ambos se sitúan, por separado, dentro de dos sistemas de memoria diferentes: el primero en la memoria declarativa –MD, en adelante– y el segundo en la memoria procedimental –MP, en adelante– (Ullman, 2001a, 2001b).

La MD permite el aprendizaje, la representación y el uso de conocimiento acerca de hechos –i.e conocimiento semántico– y acerca de las experiencias –i.e. conocimiento episódico–, es decir, está constituido por piezas arbitrarias de información y sus asociaciones. Este tipo de conocimiento se aprende rápidamente (Squire & Knowlton, 2004) y es, al menos en parte, disponible a la conciencia (Chun, 2000). La MP, por su parte, subyace al aprendizaje y procesamiento de habilidades y hábitos sensoriomotores y cognitivos guiados por reglas y secuencias (Ullman, 2004). Dicho aprendizaje requiere una exposición repetitiva al estímulo o la práctica a través de las habilidades o hábitos y no es accesible desde la memoria consciente, por lo que suele ser llamado sistema de memoria implícita (Eichenbaum & Cohen, 2001).

Ahora bien, a pesar de que los sistemas de memoria declarativa y procedimental no suelen ser utilizados ni considerados, dentro de las teorías psicolingüísticas de corte computacional, para explicar el funcionamiento del lenguaje, no existen razones a priori que no pudieran permitir el desenvolvimiento o estar a la base de este y, del mismo modo, de otros dominios cognitivos.

En efecto, dentro de las propias teorías lingüísticas (Chomsky, 1995; Pinker, 1994; Tomasello, 2003) el ‘Lexicón’ ha sido definido como el repositorio del contenido específico de las palabras y todas las informaciones irregulares idiosincráticas –i.e. no derivables– del propio sistema de la lengua, tales como los argumentos particulares de los verbos, las conjugaciones verbales irregulares, los morfemas irregulares y las expresiones idiomáticas opacas, cuyo contenido es explícito a la conciencia, es decir, son fácilmente recuperables y verbalizables. Asimismo, se ha definido a la ‘Gramática’ como las reglas mentales que subyacen a las regularidades del lenguaje y que permiten producir y comprender la combinación de formas léxicas y su ordenamiento jerárquico, la formación de oraciones gramaticales y de palabras a través de lexicogénesis –i.e.

sintaxis y morfología regular, la producción de oraciones complejas, entre otros; cuyos contenidos son inconscientes, es decir, difícilmente verbalizables para los hablantes.

En este sentido, parece coherente plantear un modelo que relacione con claridad la relación cerebro-cognición-lenguaje. La Figura 1 grafica esta estructura de tres niveles planteada por el DPM.

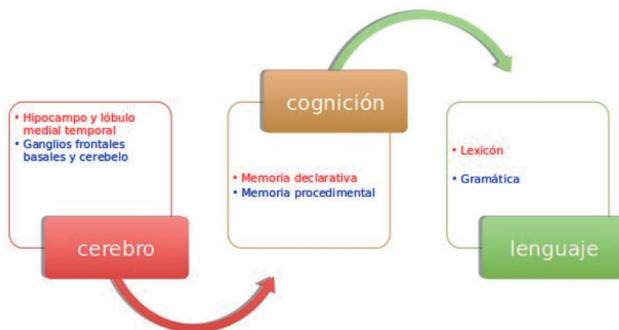


Figura 1. *Memorias y lenguaje*

2. ESTRUCTURA DE LA MP Y PREDICIONES PARA LA ‘GRAMÁTICA’

La base estructural de la MP se compone de una red de estructuras interconectadas, cuya raíz se encuentra en los circuitos de los ganglios frontales basales, que incluye las regiones premotoras y BA44 dentro de la corteza frontal y el núcleo caudado dentro de los ganglios basales. La red también incorpora porciones de la corteza inferior parietal, de la corteza superior temporal y del cerebelo (Ullman, 2001b, 2004). Asimismo, se considera que el sistema de las neuronas espejo forma parte de la MP, ya que agrupa cortezas BA44 e inferior parietal, que subyace a la ejecución y observación de habilidades motoras. Además, el sistema parece estar estrechamente ligado con el canal dorsal, el cual ha sido relacionado con la integración perceptual motora (Eichenbaum & Cohen, 2001).

Junto a lo anterior, parecen jugar roles funcionales otras estructuras. Por ejemplo, se han hallado evidencias que sugieren que los ganglios basales son de vital importancia para la adquisición de nuevos procedimientos, y que las regiones frontales serían importantes para el cómputo o procesamiento de estos (Ullman, 2004). Adicionalmente, dentro de los circuitos ganglio-frontales basales que cruzan estas estructuras, los canales paralelos serían relevantes para las computaciones análogas en diferentes dominios; así, las porciones motoras de los ganglios basales se proyectan a través del tálamo a la corteza frontal motora, mientras que otras porciones de estos cumplen otros roles funcionales y se proyectan a otras regiones frontales (Eichenbaum & Cohen, 2001). Esto quiere decir que no todas las porciones de la corteza frontal o de los ganglios basales contribuyen a los mismos dominios, aún cuando podrían realizar roles computacionales similares. Otro componente importante para la MP es

el neurotransmisor dopamina, pues permite en gran medida el desenvolvimiento de procedimientos tanto cognitivos como motores (Poldrack & Packard, 2003).

A partir de estos antecedentes, ha sido posible predecir el comportamiento de los componentes reglars del lenguaje. Así, la MP debería ayudar en el aprendizaje gradual del conocimiento implícito que subyace a la ‘Gramática’, que, atendiendo a su naturaleza subyacente, debería permitir el procesamiento y almacenamiento de todos los conocimientos lingüísticos gobernados por reglas, como la sintaxis, la morfología y la fonología combinatoria (Ullman, 2001a). En efecto, debido a que varias porciones del circuito ganglios basales lóbulo frontal, incluyendo el BA44 y el núcleo caudado, son importantes para estas funciones lingüísticas, es posible predecir que el núcleo caudado participa en la adquisición del lenguaje, proceso que debe ser modulado por la dopamina. En forma análoga, el BA44 y la corteza premotora podrían tener gran importancia para el procesamiento del lenguaje (Ullman, 2007). Además, dadas las proyecciones paralelas de los ganglios basales/frontales funcionalmente separadas, no es posible asegurar que todos los dominios gramaticales debieran depender de las mismas vías, o que las vías relacionadas con el lenguaje necesariamente tengan que subyacer a las funciones no lingüísticas.

Estas predicciones han hallado comprobación en diversas investigaciones. Ullman y Pierpont (2005) encontraron evidencia que sugiere que el Trastorno Específico del Lenguaje, o TEL, puede ser explicado, en gran parte, por ciertas anomalías en el circuito BA44, BA45 y el núcleo caudado. De hecho, en términos lingüísticos, el TEL no solo afecta la comprensión y la producción sintáctica, sino también otros componentes del lenguaje guiados por reglas, como la morfología y la fonología (Bishop, 2006). Además, los sujetos con TEL suelen presentar déficits en áreas no lingüísticas, pero sí procedimentales, como las tareas motoras de secuencias simples o complejas de movimientos (Ullman & Pierpont, 2005) y, en ellos, se ven afectadas otras funciones que dependen de las estructuras cerebrales del sistema de memoria procedimental, como la memoria de trabajo, el procesamiento de secuencias rápidas y breves y la rotación mental (Ullman & Pierpont, 2005; Lum, Ullman & Conti-Ramsden, 2015).

Otras evidencias provienen de investigaciones sobre el Trastorno de Espectro Autista, o TEA. Los hallazgos sugieren que el TEA está asociado con déficits gramaticales, como la producción y comprensión del lenguaje oral y problemas en la morfología regular (Durrleman, Hippolyte, Zufferey, Iglesias & Hadjikhani, 2015), además de otras funciones no lingüísticas que dependen de la MP (Margulis, 2009), como dificultades para el procesamiento de combinaciones sonoras en palabras inventadas con fines experimentales (Walenski, Tager-Flusberg & Ullman, 2006). En términos extralingüísticos, se han reportado anomalías en la adquisición y el procesamiento de las secuencias motoras y no motoras, especialmente en las secuencias complejas (Minshew, Goldstein & Siegel, 1997). Asimismo, se han observado trastornos en la velocidad de procesamiento temporal y en la memoria de trabajo (Ullman, 2004). Ahora bien, en términos neurobiológicos, a pesar de que los estudios en TEA no han arrojado resultados totalmente consistentes, se han encontrado algunos

patrones, como ciertas anormalidades en la corteza frontal izquierda, especialmente el área de Broca, recurrentes en las investigaciones de este desorden (Ullman, 2004).

Si bien existen muchas investigaciones que han buscado dar cuenta de la relación entre MP y ‘Gramática’ en poblaciones especiales, como las realizadas en pacientes con Enfermedad de Alzheimer (Cortese, Balota, Sergent-Marshall, Buckner & Gold, 2006), Síndrome de Tourette (Walenski, Mostofsky & Ullman, 2007), Enfermedad de Parkinson (Ullman, 2006; Jankovic & Tolosa, 2007) y Enfermedad de Huntington (Longworth, Keenan, Barker, Marslen-Wilson & Tyler, 2005), entre otras, y si bien en todas ellas parece haber acuerdo en la diferenciación entre los tipos de memoria y su correspondencia con ambos componentes, la discusión aún no ha incorporado de forma consistente a las poblaciones sin patología. Es por este motivo que en este estudio importa analizar la relación entre la MP y la ‘Gramática’, esta vez en términos ontogenéticos.

La evidencia acerca del desarrollo de la ‘Gramática’ es profusa, mientras que las investigaciones sobre el desarrollo de la MP son escasas. En efecto, la evidencia que indica que la ‘Gramática’ varía y se complejiza a través del desarrollo de los sujetos es un hecho aceptado desde todos los enfoques teóricos y metodológicos del lenguaje (Brown, 1973, Echeverría, 1979, Sentis, 1979; Hunt, 1970; Véliz, 1988; Balboa, Crespo & Rivadeneira, 2012; Berman & Katzenberger, 2004; Berman, 2008; Berman & Nir-Sagiv, 2007; Nir & Berman, 2010; Crespo, Alfaro & Góngora, 2011).

Frente a ello, se ha encontrado evidencia contradictoria sobre el desarrollo de la MP, lo que ha redundado en dos modelos: *The developmental invariance model* (Meulemans, Van der Linden & Perruchet, 1998; Vinter & Perruchet, 2000) y *The age-related changes model* (Fletcher, Maybery & Bennett; 2000; Thomas, Hunt, Vizueta, Sommer, Durston, Yang & Worden, 2004). La primera de estas propuestas sostiene que el aprendizaje procedimental se desarrolla completamente durante la primera infancia. En este caso las evidencias han indicado que no existe una relación significativa entre la edad de los sujetos y el aprendizaje implícito (Meulemans *et al.*, 1998; Vinter & Perruchet, 2000). En esta línea, Clohessy, Posner y Rothbart (2001) demostraron la existencia de mecanismos de aprendizaje implícito visual de tipo adulto, incluso en edades muy tempranas. Esto se debería a que las regiones cerebrales en donde se aloja el aprendizaje implícito corresponden a zonas filogenéticamente primitivas, como son los ganglios basales y el cerebelo. Asimismo, en términos ontogenéticos, Reber (1993) ha dado cuenta cómo estas regiones maduran en forma temprana y, a la vez, son especialmente plásticas frente a los daños neurológicos.

Por su parte, el *Age-related changes model* (Fletcher *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2004), señala que este continúa transformándose a través de la niñez. En este caso, destacan los trabajos de Maybery, Taylor y O’Brien-Malone (1995), Fletcher, Maybery y Bennett (2000) y Thomas *et al.* (2004), quienes han encontrado evidencias que demostrarían que los adolescentes y los adultos son más sensibles al aprendizaje implícito que los niños. En este caso, estos investigadores señalan que este tipo de aprendizaje tiene su origen en los circuitos frontoestriatales, a partir de pruebas relacionadas con el desarrollo continuo de estas regiones, las cuales están a la base de

los cambios en el comportamiento a través de la vida de los sujetos, pero se centran en pruebas de desarrollo continuo de estas regiones que forman la base de los cambios de comportamiento con la edad.

Ahora bien, cualquier investigación acerca de la relación entre MP y sintaxis deberá ser capaz de aunar la evidencia acerca de que los niños aprenden la sintaxis de mejor manera que los adultos -tal como han señalado históricamente las investigaciones de raíz chomskyana- con el modo en que se desarrolla este tipo de memoria. En este contexto, esta investigación busca responder si la relación entre el conocimiento sintáctico de los sujetos se relaciona con su nivel de memoria procedimental a través de su desarrollo, atendiendo a esta aparente -o por lo menos en discusión- disparidad en su desarrollo.

3. SUJETOS Y MÉTODOS

Para describir el grado de relación entre el nivel de la MP y el desarrollo de la 'Gramática' se realizó una investigación correlacional de alcance explicativo, a través de un diseño no experimental *ex post facto* retrospectivo. La población objetivo de este estudio corresponde escolares entre 5;1 años y 13;11 años, que asisten regularmente a la escuela. El tamaño muestral para estimar una medida de asociación entre las covariables se calculó considerando el comportamiento de la población escolar en diferentes tareas que miden el desarrollo sintáctico (Pérez, 2012). A partir de allí, se estableció que el número ideal de participantes es de 18 sujetos por grupo, con un grado de error de tipo I en un 5% y error de tipo II en un 10% (Pérez, 2012). Junto a las edades y nivel escolar, se ha establecido como criterio de inclusión que los sujetos poseyeran desarrollo cognitivo y lingüístico típico, y como criterios de exclusión que no presenten déficit intelectual, trastornos del lenguaje de vertiente receptiva y/o expresiva, déficit auditivo, déficit visual, alteraciones cerebrales evidentes, déficits psicopatológicos, trastornos motores y antecedentes de privación sociocultural severa. Para lograr estos requerimientos, en primer lugar, se tuvo acceso tanto las fichas clínicas como las fichas escolares de cada estudiante para conocer si habían sido diagnosticados con alguna patología, según las pruebas indicadas en el decreto n°170: subprueba receptiva (STSG-R) y subprueba expresiva (STSG-E) del Test Exploratorio de Gramática Española de A. Toronto; y TEPROSIF-R, ambas normalizadas para Chile. Adicionalmente, en segundo lugar, se utilizó el test CELF-4 Clinical Evaluation Language Fundamentals, para la detección de alteraciones del lenguaje; este instrumento si bien no está normalizado para Chile, es ampliamente utilizado en este tipo de investigaciones a nivel internacional.

Esta muestra no es probabilística, sino intencionada y voluntaria, dada la necesidad de contar con el asentimiento y el consentimiento, tanto de los propios niños como de sus padres o tutores. Esta investigación fue autorizada por el Comité de Bioética PUCV, el 27 de diciembre de 2016. La Tabla 1 muestra la distribución de los participantes de acuerdo a su edad.

Edad	Nivel escolar	Masculino	Femenino	Total
5a 1m - 5a 11m	Preescolar	10	11	21
7a 1m - 7a 11m	2do primaria	15	11	26
9a 1m - 9a 11m	4to primaria	9	12	21
11a 1m - 11a 11m	6to primaria	15	11	26
13a 1m - 13a 11m	8vo primaria	13	12	25

Tabla 1. *Distribución de la muestra*

Para obtener los datos lingüísticos se utilizó una tarea de recuento, que consistió en un cuento infantil en formato audiovisual (<https://vimeo.com/104368132>) al que los sujetos fueron expuestos y luego debieron narrar oralmente. El texto oral estuvo constituido íntegramente por cláusulas simples, para evitar el efecto del *priming* sintáctico (Eisenbeiss, 2010). Luego de la visualización del cuento, tantas veces como el sujeto quisiese, los sujetos manipularon una versión impresa de la misma secuencia de imágenes que aparecen en el vídeo en formato libro, a fin de minimizar la influencia que puede tener tanto la comprensión de la historia como el recuerdo de esta. Todo el proceso fue realizado por dos especialistas en evaluación del lenguaje infantil, una de las cuales presentaba el video y otra oía el recuento, para así presentar una situación de relato pragmáticamente verosímil (Reese, Sparks & Suggate, 2002). El recuento fue videograbado a través de un dispositivo no invasivo. Posteriormente, esta grabación fue transcrita, utilizando la propuesta estandarizada del proyecto CHILDES (MacWhinney, 2000).

La ‘Gramática’ fue operacionalizada como la complejidad sintáctica, entendida como número relativo de nodos que surgen luego del análisis sintáctico arbóreo (Ferreira, 1991; Rickford *et al.*, 1995; Szmrecsányi, 2004). Particularmente lo que se ha hecho es calcular la proporción de los nodos presentes en unidades sintácticas mayores, equivalentes a las unidades T de Hunt (1970), que componen las narraciones. La identificación de los nodos se realizó de forma semiautomática, pues se combinó la aplicación del analizador morfo-sintáctico Freeling 3.1 (Atserias, Casas, Comelles, González, Padró & Padró, 2006) y la revisión manual del investigador.

La MP fue medida a través de una tarea de reacción serial basada en la versión estandarizada de Nissen y Bullemer (1987), y actualizada por Lum, Gelgic y Conti-Ramsden (2010), que consiste en el aprendizaje implícito de una secuencia viso espacial, mediante el uso de un computador y un *response pad*.

4. RESULTADOS

La tabla 2 muestra los datos descriptivos y la correlación entre ‘Gramática’ y Memoria Procedimental (MP).

Grup	'Gramática'			MP			ρ	valor-p
		Σ	c.v.		Σ	c.v.		
Pre	13,6	3,5	26%	22,6	198,1	875%	0,727	0,000182367*
2.º	14,4	2,6	18%	33,6	137,5	409%	0,751	0,00000975*
4.º	15,4	3,8	25%	35,8	55,5	155%	0,744	0,000108*
6.º	18,3	4,8	25%	38,7	43,3	112%	0,793	0,00000138*
8.º	20,7	6,4	31%	66,8	50,84	76%	0,704	0,0000833*

Tabla 2. Datos descriptivos y correlación. σ = desviación estándar; c.v. = coeficiente de variación; ρ = coeficiente de correlación

Como se ve en la tabla, la media en complejidad sintáctica se incrementa en la medida en que aumenta la edad/nivel escolar de los sujetos. Este incremento parece más notorio con posterioridad al grupo 4.º primaria. Tanto la desviación estándar como el coeficiente de variación evidencian un comportamiento heterogéneo de los sujetos al interior de cada uno de los grupos. El grupo con mayor variabilidad es 8.º primaria, mientras que el menos variable es 2.º primaria; Preescolar, 4.º primaria y 6.º primaria muestran coeficientes similares. En cuanto a la MP, las medias incrementan en la medida en que aumenta la edad/nivel escolar de los sujetos. Este incremento es constante y experimenta un aumento abrupto en el grupo 8.º primaria. Tanto la desviación estándar como el coeficiente de variación indican una disminución en la variabilidad del comportamiento de los sujetos en la medida en que incrementa la edad/nivel escolar de los grupos.

Adicionalmente, a fin de verificar si el aumento observado –en términos descriptivos– en ambas medidas fue significativo, se procedió a realizar un análisis de varianza para valores no paramétricos. En este caso, los valores del test de Kruskal-Wallis fueron: 'Gramática' $K = 28,31$, $p < 0,001$; MP $K = 5,67$, $p = 0,23$. Estos datos indican que mientras que para la 'Gramática' la edad/curso de los sujetos explica el desempeño cada vez más complejo, para la MP el aumento no es significativo a partir de la variable edad/curso.

Dado el comportamiento ontogenético similar de los sujetos, se procedió a determinar si existe correlación entre ambas variables en cada uno de los grupos. En este caso, los resultados del Coeficiente de Pearson indican que en cada uno de los grupos existe una relación lineal positiva moderada entre 'Gramática' y MP, con todos los valores entre 0,7 y 0,79. Además se determinó que cada una de las correlaciones fueron significativas, dado que valores-p fueron inferiores de 0,01.

A partir de estos resultados, se compararon los coeficientes de correlación en los grupos mediante la prueba de Kruskal-Wallis, para determinar si las magnitudes de correlación en cada uno de los grupos presentaban diferencias significativas. La tabla 3 muestra dichos resultados.

Curso	2.º primaria	4.º primaria	6.º primaria	8.º primaria
Preescolar	0,168	0,111	0,499	0,148
2.º primaria		0,0504	0,353	0,335
4.º primaria			0,3816	0,2649
6.º primaria				0,684

Tabla 3. Comparación de magnitudes de correlación entre grupos de edad/nivel escolar.

Como se ve en la tabla, los valores de las correlaciones entre los grupos son menores a 1,96 (valor de tabla Normal Estándar), lo que indica que no existe evidencia estadísticamente significativa para probar diferencias entre los grupos.

A partir de estos datos, que comprueban la existencia de una relación lineal entre las variables, fue posible ajustar un modelo de regresión. La Tabla 4 muestra los valores de la ecuación predicativa y su significatividad. En los cinco grupos de edad/nivel escolar los valores-p de la memoria procedimental son inferiores a 0,01, lo que indica una alta significatividad estadística. Esto implica que es posible utilizar los valores en una fórmula predictiva. Es así como se obtuvo que los valores R^2 están en un rango entre 50% y 63%. En otras palabras, si bien el nivel de memoria procedimental permite proyectar el nivel de complejidad sintáctica, este solo puede explicarlo en un 50%. Se agregan en anexo los cinco gráficos de dispersión, la línea proyectada y los valores del coeficiente de determinación.

Grupo	β_0	β_1	R^2	valor-p
Preescolar	13,28	0,01	0,53	*0,0001824
2.º primaria	13,88	0,01	0,56	*0,00009753
4.º primaria	13,55	0,05	0,55	*0,0001079
6.º primaria	14,89	0,09	0,63	*0,000001378
8.º primaria	14,75	0,09	0,5	*0,00008326

Tabla 4. Valores modelo de regresión por grupo de edad/nivel escolar. β_0 = punto de corte del eje vertical; β_1 = pendiente de la recta; R^2 = coeficiente de determinación

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran una correlación entre la complejidad sintáctica y la memoria procedimental en cada uno de los grupos, y que dicha relación no presenta diferencias significativas a través de los grupos, a pesar de sus diferencias de edad y escolarización. Además, se determinó el grado de incidencia de la memoria procedimental sobre la complejidad sintáctica dentro de la muestra. Estos resultados parecen reforzar

la predicción ontogenética del DPM y añaden nuevos elementos a esta discusión. Mientras que investigaciones anteriores demuestran una relación entre ambas variables en poblaciones especiales (Ullman, 2004, 2007, 2008; Cortese, Balota, Sergent-Marshall, Buckner & Gold, 2006; Walenski, Tager-Flusberg & Ullman, 2006; Walenski, Mostofsky & Ullman, 2007; Ullman, 2006; Jankovic & Tolosa, 2007; Longworth, Keenan, Barker, Marslen-Wilson & Tyler, 2005), el enfoque ontogenético adoptado en este trabajo ha permitido aproximarnos a la evolución en el tiempo de dicha relación. En este sentido, concuerdan con la propuesta de *The age-related changes model* (Fletcher, Maybery & Bennett; 2000; Thomas, Hunt, Vizueta, Sommer, Durston, Yang & Worden, 2004). En efecto, tal como muestra la tabla 2 y se comprobó con el test de Kruskal-Wallis, el aumento en la complejidad sintáctica a través de los niveles ($p < 0,001$) se explica por la variación de la edad/curso, mientras que la memoria procedimental no lo hace ($p = 0,23$); además, en términos de su dispersión, la memoria procedimental se va homogenizando a través del desarrollo de los sujetos, mientras que en el caso de la complejidad sintáctica la variabilidad intragrupal es baja. No obstante, a pesar de las diferencias del recorrido evolutivo de ambas variables, la relación entre ellas es estrecha y equivalente en todos los niveles. Estos hallazgos permiten profundizar la definición de la relación entre memoria y sintaxis, pues se prueba su presencia a lo largo del desarrollo tardío del lenguaje. En este sentido, la relación ontogenética de ambas variables que operaba como una predicción del modelo, en estos datos encuentra validación empírica.

Adicionalmente, se estimó que en cada uno de los niveles la incidencia de la memoria procedimental sobre de la complejidad sintáctica está en un rango entre 50% y 63%. En otras palabras, si bien el nivel de memoria procedimental de un niño permite proyectar el nivel de complejidad sintáctica del texto que produce, este solo puede explicarlo en un 50% aproximadamente. Este hecho deja en evidencia que existen otros factores que están incidiendo en la complejidad sintáctica de los textos, por lo que cabría preguntarse por el rol de la modalidad narrativa, de la enunciación oral, del método de recontado, entre muchos factores que se conjugaron al momento en que los sujetos produjeron las narraciones orales. No obstante, todos estos aspectos deberían impactar por separado en un grado menor, pues el impacto de todos ellos no superará el 50%.

En término teóricos, los hallazgos de este estudio permiten ahondar en la discusión en torno al estatuto del lenguaje en el sistema cognitivo a través del desarrollo, esta vez desde una mirada empírica. Así, en el marco de este modelo de memoria las evidencias parecen indicar que la capacidad para conectar elementos mediante procedimientos sintácticos no sería esencialmente distinto respecto de otras capacidades cognitivas de las que tradicionalmente se ha distinguido al lenguaje.

Ahora bien, en términos metodológicos, se optó por una operacionalización de la ‘Gramática’ que fuese teóricamente compatible con el supuesto de la aplicación de reglas en la formación de oraciones. Así, se ha asumido que la aparición de un nodo es el reflejo del *parser* sintáctico del individuo, es decir, que implica la aplicación de una regla sintáctica, la cual, según el DPM (Ullman, 2001a, 2001b) debiera estar almacenada y ser procesada por el sistema de memoria procedimental. Esto indica

que dentro de los elementos que componen la ‘Gramática’ se cuenta el mecanismo lingüístico que permite integrar dos unidades de menor complejidad en una unidad mayor, tal como lo propone la teoría chomskyana (1965, 1995). A partir de allí, se puede especular la incorporación de un nuevo aspecto regular del lenguaje a la teoría de Ullman (2001a, 2001b), pues los hallazgos de este estudio también permiten abrir una discusión en torno a la naturaleza del *parser* sintáctico, el cual puede ser entendido como un sistema de relaciones abstractas -incluso subsimbólicas-, en directa relación con el sistema que permite almacenar y ejecutar otros comportamientos guiados por reglas.

En sentido, desde una mirada empírica y neuropsicolingüística, el lenguaje y, particularmente, la sintaxis pierden la singularidad que le ha atribuido históricamente la teoría generativa. Por el contrario, estas evidencias parecen inclinar la balanza en favor de las propuestas que señalan que el lenguaje es parte de la cognición general, tal como ya predijera Piaget (Piattelli-Palmarini, 1994). Ahora bien, es necesario hacer una aclaración: que la sintaxis se emparente o dependa de sistemas sensoriomotores de base, y que en términos neuronales no se diferencie en gran medida de otros comportamientos reglados -como aprender una serie abstracta implícita, jugar ajedrez o tocar el piano- no implica que el componente computacional de la sintaxis desaparezca. Lo que discute este modelo neuropsicológico es el anclaje neurocognitivo del sistema computacional, no así la existencia de reglas mentales que permiten la estructuración de oraciones.

En este escenario, es posible hacer algunas observaciones sobre este estudio, que abren la posibilidad de seguir indagando en este tema.

En primer lugar, el tamaño muestral, si bien fue determinado estadísticamente a partir de investigaciones anteriores acerca de la complejización de la sintaxis, nada indica que el número de sujetos evaluados sea suficientemente representativo para estimar el desarrollo de la memoria procedimental. Por ello, los resultados de este estudio no son completamente extrapolables al resto de la población y se podrían cuestionar, en cierto grado, los hallazgos correlacionales de esta investigación, no obstante, la estabilidad con que se dio la relación entre ambas variables $-0,7-$ a través de todos los niveles nos lleva a desestimar dicha interpretación. En segundo lugar, el análisis de la complejidad sintáctica fue realizado sobre un tipo de texto en particular: las narraciones. A partir de ello, cabe preguntarse por el desenvolvimiento de la complejidad sintáctica, medida a través del método de nodos, en otros tipos de textos, y cómo esos datos se comportarían respecto de la memoria procedimental. El desafío en ese caso, sería construir tareas ecológicas que permitan que los sujetos produzcan discurso en otras modalidades.

Como vemos, estas limitaciones se relacionan con la posibilidad de replicar este trabajo en condiciones más diversas, que podrían incorporar otras variaciones, además de las señaladas, como distintos rangos etarios, otras tareas de elicitación, sujetos con patologías no estudiadas desde esta perspectiva, etc. En este sentido, consideramos que esta línea de investigación posee grandes proyecciones, tanto si se considera la

medición de las variables por separado como si se observan interrelacionadas; ya sea que se replique en otras poblaciones o se utilice para observar la complejización de la sintaxis y su vínculo con la memoria procedimental en otros tipos de textos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATSERIAS, J., CASAS, B., COMELLES, E., GONZÁLEZ, M., PADRÓ, L. & PADRÓ, M. (2006). Freeling 1.3: Syntactic and semantic services in an open-source nlp library. Proceedings of the fifth international conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2006), ELRA.
- BALBOA, C., CRESPO, N. & RIVADENEIRA, M. (2012). El desarrollo de la sintaxis en la adolescencia: posibles influencias de naturaleza social. *Literatura y Lingüística*, 25, 145-168.
- BERMAN, R. & KATZENBERGER, I. (2004). Form and function in introducing narrative and expository texts: A developmental perspective. *Discourse Processes*, 38(1), 57-94.
- BERMAN, R. & NIR-SAGIV, B. (2007). Comparing narrative and expository text construction across adolescence: A developmental paradox. *Discourse Processes*, 43(2), 79-120.
- BISHOP, D. V. M. (2006). Beyond words: Phonological short-term memory and syntactic impairment in specific language impairment. *Applied Psycholinguistics*, 27(04), 545-598.
- CHOMSKY, N. (1995). *The minimalist program*. Cambridge, MASS: MIT press.
- CHUN, M. (2000). Contextual cueing of visual attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(5), 170-178.
- CRESPO, N., ALFARO, P. & GÓNGORA, B. (2011). La medición de la sintaxis: Evolución de un concepto. *Onomázein*, 24(2), 155-172.
- CORTESE, M., BALOTA, D., SERGENT-MARSHALL, S., BUCKNER, R. & GOLD, B. (2006). Consistency and regularity in past tense verb generation in healthy aging, alzheimer's disease, and semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 23(6), 856-876.
- DURRLEMAN, S., HIPPOLYTE, L., ZUFFEREY, S., IGLESIAS, K., & HADJIKHANI, N. (2015). Complex syntax in autism spectrum disorders: a study of relative clauses. *International Journal of Language & Communication Disorders / Royal College of Speech & Language Therapists*, 50(2), 260-7.
- EICHENBAUM, H., & COHEN, N. (2001). *From conditioning to conscious recollection: Memory systems of the brain*. New York: Oxford University Press.
- EISENBEISS, S. (2010). Production methods in language acquisition research. En E. Blom & S. Unsworth (Eds.), *Experimental methods in language acquisition research* (pp. 11-34). Amsterdam: John Benjamins.
- FERREIRA, F. (1991). Effects of Length and Syntactic Complexity on Initiation Times for Prepared Utterances. *Journal of Memory and Language*, 30(2), 2110-2233.
- HUNT, K. (1970). Syntactic maturity in schoolchildren and adults. *Monographs of The Society for Research*, 35(1), 1-67.
- JANKOVIC, J. & TOLOSA, E. (2007). *Parkinson's disease and movements disorders*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- LONGWORTH, C., KEENAN, S., BARKER, R., MARSLER-WILSON, W. & TYLER, L. (2005). The basal ganglia and rule-governed language use: Evidence from vascular and degenerative conditions. *Brain*, 128(3), 584-596.

- LUM, J., GELGIC, C. & CONTI-RAMSDEN, G. (2010). Procedural and declarative memory in children with and without specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 45(1), 96-107.
- LUM, J., G., ULLMAN, M. T., & CONTI-RAMSDEN, G. (2015). Verbal declarative memory impairments in specific language impairment are related to working memory deficits. *Brain and Language*, 142C, 76-85.
- MACWHINNEY, B. (2000). *The CHILDES Project: Tools for Analyzing Talk*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- MARGULIS, L. (2009). Funcionamiento de los sistemas de memoria en niños con Trastorno Autista y Trastorno de Asperger. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 48, 29-48
- MINSHAW, N.J.; GOLDSTEIN, G. y SIEGEL, D.J. (1997). Neuropsychologic functioning in autism: Profile of a complex information processing disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 303-316.
- NIR, B. & BERMAN, R. (2010). Complex syntax as a window on contrastive rethoric. *Journal of Pragmatics*, 42(3), 744-765.
- NISSEN, M. & BULLEMER, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- PÉREZ, L. (2012). Cálculo muestra mPRO y Csinx. Documento interno proyecto FONDECYT 1100600.
- PIATTELLI-PALMARINI, M. (1994). Ever since language and cognition: afterthoughts on the Piaget-Chomsky debate. *Cognition*, 50, 315-346.
- PINKER, S. (1994). *El instinto del lenguaje: Cómo crea el lenguaje la mente*. Madrid: Alianza.
- POLDRACK, R. & PACKARD, M. (2003). Competition among multiple memory systems: Converging evidence from animal and human brain studies. *Neuropsychology*, 41(3), 245-251.
- REESE, E., SPARKS, A., & SUGGATE, S. (2012). Assessing children's narratives. En E. Hoff, *Research methods in child language. A practical guide* (pp. 133-148). New York, NY: Wiley-Balckwell.
- RICKFORD, J., DENTON, M., WASOW, T. & ESPINOZA, J. (1995). Syntactic variation and change in progress: loss of the verbal coda in topic-restricting as far as constructions. *Language*, 71(1), 102-131.
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, J. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. New York, NY: McGraw-Hill.
- SQUIRE, L. & KNOWLTON, R. (2004). The medial temporal lobe, the hippocampus, and the memory systems of the brain. En M. Gazzaniga (Ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (pp. 765-780). Cambridge, MA: MIT Press.
- SZMRECSÁNYI, B. (2004). On Operationalizing Syntactic Complexity. En G. Purnelle, C. Fairon & A. Dister (Eds.), *Le poids des mots. Proceedings of the 7th International Conference on Textual Data Statistical Analysis* (pp.1032-1039). Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain.
- TOMASELLO, M. (2003). *Constructing a language: A usage-based theory of language acquisition*. Cambridge, MASS: Harvard University Press.
- ULLMAN, M. (2001a). A neurocognitive perspective on language: The declarative/procedural model. *Nature*, 2, 717-727.

- ULLMAN, M. (2001b). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(1), 37-69.
- ULLMAN, M. (2004). Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231-270.
- ULLMAN, M. (2006). Is Broca's area part of a basal ganglia thalamo cortical circuit? *Cortex*, 42(4), 480-485.
- ULLMAN, M. (2007). The biocognition of the mental lexicon. En M. Gaskell (Ed.), *The Oxford handbook of psycholinguistics* (pp. 267-286). Oxford: Oxford University Press.
- ULLMAN, M. (2012). The declarative/procedural model. En P. Robinson (Ed.), *Routledge Encyclopedia of Second Language Acquisition*. Routledge. 160-164.
- ULLMAN, M., CORKIN, S., COPPOLA, M., HICKOK, M., GROWDON, J., KOROSHETZ, W. & PINKER, S. (1997). A neural dissociation within language: Evidence that the mental dictionary is part of declarative memory, and that grammatical rules are processed by the procedural system. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(2), 266-276.
- ULLMAN, M. & PIERPONT, E. (2005). Specific language impairment is not specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399-433.
- WALENSKI, M., TAGER-FLUSBERG, H., & ULLMAN, M. (2006). Language in autism. En S. Moldin & J. Rubenstein (Eds.), *Understanding autism: From basic neuroscience to treatment* (pp. 175-203). Boca Raton: Taylor and Francis Books.
- WALENSKI, M., MOSTOFSKY, S., & ULLMAN, M. (2007). Speeded processing of grammar and tool knowledge in Tourette's syndrome. *Neuropsychology*, 45, 2447-2460.
- WILLINGHAM, D. (1998). A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105, 558-584.

ANEXOS

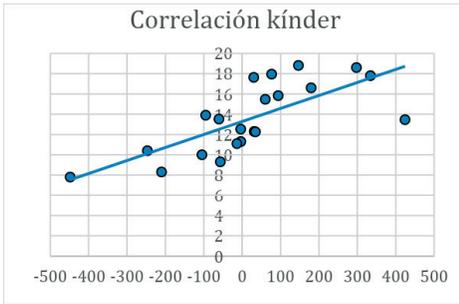


Gráfico 1. *Correlación kínder*

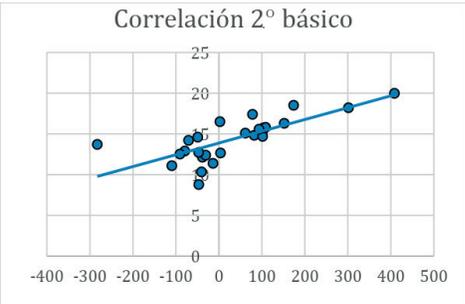


Gráfico 2. *Correlación 2.º básico*

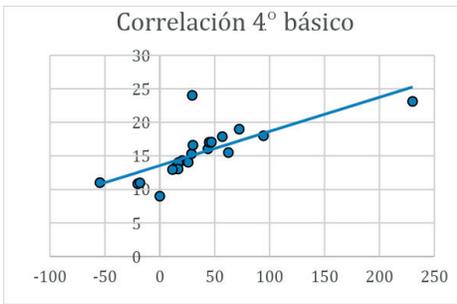


Gráfico 3. *Correlación 4.º básico*

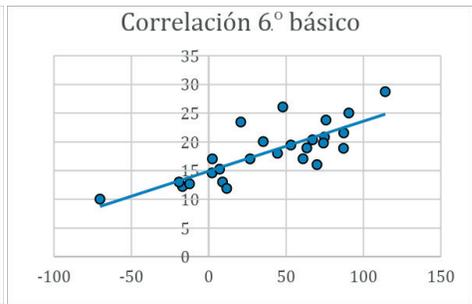


Gráfico 4. *Correlación 6.º básico*

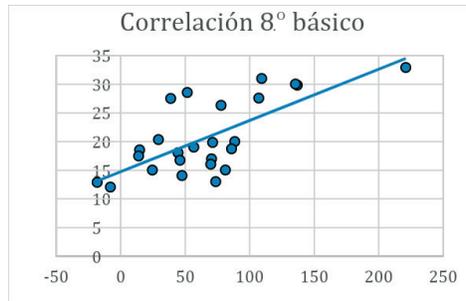


Gráfico 5. *Correlación 8.º básico*

