

¿Constituyen los elementos de una categoría combinatoria una clase de equivalencia?: evidencias comportamentales y neurobiológicas

Tabullo, Ángel^{*,a}; Iorio, Alberto^b; Zanutto, Silvano^{b, c}; Wainseboim, Alejandro Javier^a

Artículo Original

Resumen

Abstract

Tabla de Contenido

Se ha propuesto que la capacidad de adquirir lenguaje y relaciones de equivalencia están vinculadas. Estudios previos muestran que estímulos relacionados por equivalencia transfieren propiedades combinatorias en una gramática artificial. Recíprocamente, en el presente trabajo analizamos si estímulos que comparten las mismas propiedades combinatorias por entrenamiento en una gramática artificial verifican posteriormente las propiedades de una clase de equivalencia. Los resultados muestran que los estímulos de una misma clase combinatoria conforman una clase funcional que verifica las propiedades de la equivalencia (i.e. reflexividad, simetría y transitividad). El procesamiento de estas relaciones genera un potencial N400 que refleja un costo de procesamiento vinculado al número de estímulos nodales intervinientes. Este resultado podría explicarse en términos de un sistema proactivo que extrae y almacena regularidades estadísticas de los estímulos; conecta estímulos nuevos con las representaciones relevantes previamente adquiridas y utiliza estas asociaciones para generar predicciones sobre los eventos futuros.

Do the elements of a combinatorial category constitute an equivalence class? Behavioral and neurobiological evidences. It has been proposed that there is a relation between the capacity to acquire language and equivalence relations. Previous studies show that members of an equivalence class transfer combinatorial properties within an artificial grammar. Reciprocally, in the present work we analyzed whether, after training in an artificial grammar, stimuli with the same combinatorial properties verify properties of an equivalence class. Results show that stimuli of a same combinatorial class form a functional class that verifies the properties of equivalence (i.e. reflexivity; symmetry and transitivity). Processing these relations generates an N400 potential that is related to the number of nodal stimuli between stimuli pairs. This result could be explained in terms of a proactive system that extracts and retains statistical regularities of stimuli; connects new stimuli with relevant representations previously acquired and employs these associations to generate predictions of future events.

Introducción	23
Método	25
Muestra	25
Procedimiento	26
Resultados	30
Discusión	32
Referencias	34

Palabras clave:

gramática artificial, relaciones de equivalencia, potenciales evocados, transferencia de funciones.

Keywords:

artificial grammar, equivalence relations, evoked potentials, function transfer.

Recibido el 30 de julio de 2018; Aceptado el 7 de abril de 2019

Editaron este artículo: Angel Elgier, Paula Abate, Sebastian Garrido, Rocio Foltz, Débora Mola e Ignacio Acuña

Introducción

La naturaleza de los mecanismos neuropsicológicos implicados en la adquisición del lenguaje ha sido un tema de intenso debate e investigación en las últimas décadas en el área de la psicología experimental. Dentro de este marco

se ha propuesto que existiría una estrecha relación entre la capacidad de adquirir el lenguaje y la de adquirir relaciones condicionales emergentes, es decir, relaciones de equivalencia (Horne & Lowe, 1996; Sidman, 1994; Sidman &

^a Grupo de Lingüística y Neurobiología Experimental del Lenguaje, Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA), Centro Científico Tecnológico (CCT), CONICET, Mendoza, Argentina b

^b Laboratorio de Biología del Comportamiento, Instituto de Biología y Medicina Experimental (IBYME), Buenos Aires, Argentina

^c Instituto de Ingeniería Biomédica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

*Enviar correspondencia a: Wainseboim, A. J. E-mail: awainseboim@mendoza-conicet.gob.ar

Citar este artículo como: Tabullo, A., Iorio, A., Zanutto, S. & Wainseboim, A. J. (2019). ¿Constituyen los elementos de una categoría combinatoria una clase de equivalencia?: evidencias comportamentales y neurobiológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 11(2), 23-35

Tailby, 1982). Las relaciones de equivalencia se establecen por efecto del entrenamiento en protocolos de discriminación condicional, cuando en cada ensayo un elemento de un grupo de estímulos de muestra (Grupo A) se presenta junto a dos elementos de un grupo de comparación (Grupo B), y los participantes deben elegir los estímulos de comparación que se corresponden con el estímulo de muestra de acuerdo con las relaciones establecidas arbitrariamente por el experimentador. Los estímulos presentados pasan a pertenecer a la misma clase de equivalencia cuando luego del entrenamiento, entre ellos se cumplen las relaciones de reflexividad (A1 implica A1); simetría (si A1 implica B1, entonces B1 implica A1), y transitividad (Si A1 implica B1, y B1 implica C1, entonces A1 implica C1). Estas tres relaciones surgen de manera espontánea por efecto del entrenamiento condicional, pero en sí mismas no son entrenadas, por lo que son relaciones emergentes. El establecimiento de este tipo de relaciones sólo ha podido ser comprobado en humanos que posean al menos un mínimo de competencia lingüística (Devany, Hayes, & Nelson, 1986), no pudiendo ser observada en especies no humanas (Dougher & Markman, 1996; Dugdale & Lowe 2000; Hayes, 1989; Sidman, 1994; Zentall, 1998). La hipótesis que propone un vínculo entre capacidad lingüística y aprendizaje de relaciones de equivalencia ha dado origen a dos posturas teóricas con respecto a la posible naturaleza de esta relación: mientras que para Sidman (1994) la capacidad de aprender clases de equivalencia sería necesaria para poder adquirir el lenguaje, otros autores como Horne & Lowe (1996) postulan que la adquisición de la capacidad de nombrar sería un prerrequisito para poder aprender relaciones de equivalencia. Sin embargo, ambas posturas coinciden en señalar como vínculo entre los dos aprendizajes la naturaleza simbólica (i.e. arbitraria) de la relación establecida entre los diferentes elementos de una misma clase funcional. De manera similar a lo observado en clases de equivalencia entrenadas en experimentos de laboratorio, la relación entre los dos elementos básicos del lenguaje (significado y significante), es típicamente arbitraria. Aún más, estudios previos han hallado bases neuronales comunes involucradas durante la ejecución de tareas de simetría y transitividad entre elementos de una misma clase de equivalencia y tareas lingüísticas (que implican

procesamiento semántico) durante la ejecución de tareas de simetría y transitividad (Dickins et al., 2001; Tabullo, Yorio, Zanutto, & Wainseboim, 2015a). La relación planteada entre ambos tipos de tareas, sin embargo, ha hecho referencia sólo al aspecto semántico del lenguaje, no habiéndose estudiado en detalle si existe algún tipo de vínculo cognitivo entre la capacidad de adquirir aspectos sintácticos del lenguaje (como ser las clases gramaticales), y la de aprender relaciones de equivalencia. Investigar el vínculo cognitivo entre estas variables es relevante dado que desde una perspectiva funcional una clase o categoría se define como un conjunto de estímulos que ocasionan conductas comunes en un contexto dado (Catania, 1984). Mientras que una categoría perceptual se caracteriza por la similitud física entre sus elementos, los elementos de una categoría funcional ocasionan conductas comunes independientemente de compartir sus propiedades físicas (Donahoe, 2002), tal como se observa entre elementos de una misma clase de equivalencia, o de una misma clase gramatical. En el caso del lenguaje, una vez aprendidas las diferentes categorías gramaticales (e.g. sustantivo o verbo), todos los elementos pertenecientes a una misma clase gramatical serán tratados por el individuo como funcionalmente equivalentes en aspectos tales como patrones flexivos o posibilidades combinatorias, observándose este comportamiento incluso en ausencia de contenido semántico (i.e. palabras de significado desconocido), e independientemente de las características físicas de los elementos considerados. Cabe preguntarse entonces, a) si existe una relación a nivel cognitivo entre el aprendizaje de clases de equivalencia y el de categorías gramaticales; b) cuáles son las bases neurobiológicas que subyacen a ambos tipos de aprendizajes.

En función de estas preguntas Tabullo, Yorio, Zanutto y Wainseboim (2015b) han mostrado que en el contexto de una gramática artificial es posible transferir propiedades combinatorias (i.e. la posibilidad de combinarse en un determinado orden con otras categorías de estímulos) entre miembros de una clase de equivalencia. Aún más, los potenciales evocados ante la aparición de violaciones a las propiedades combinatorias entrenadas son comparables a los observados ante la aparición de errores gramaticales en lenguaje natural (Tabullo et al., 2013),

demostrando así la semejanza que existe a nivel neurobiológico y cognitivo entre el procesamiento de un error gramatical y un error combinatorio adquirido por aprendizaje estadístico.

En función de los resultados descriptos y en el marco del estudio de un posible vínculo entre el aprendizaje de relaciones de equivalencia y propiedades de tipo gramatical (combinatoria), en el presente trabajo nos planteamos estudiar si cuando un elemento "B" de una clase de equivalencia (que incluye también a "A" y "C") pertenece además a una clase "gramatical" (entendida como un conjunto de elementos que comparten las mismas propiedades combinatorias), las propiedades de simetría, transitividad y reflexividad entre "B", "A" y "C" se traspasan en forma no entrenada al resto de los elementos de la categoría gramatical a la que pertenece "B" (i.e. "D" y "E"). Por ejemplo, si "perro" pertenece a una clase de equivalencia por entrenamiento directo con los elementos "pefa" y "lane" (cumpliéndose entre los tres elementos las propiedades de reflexividad, simetría y transitividad); en el presente trabajo se analizó si "perro" le transfiere dichas propiedades de reflexividad, simetría y transitividad a otros sustantivos (e.g. gato, libro) que no fueron entrenados en forma directa con "pefa" y "lane". En caso afirmativo, sería evidencia a favor de que existe un vínculo cognitivo entre ambos tipos de aprendizajes. Cabe destacar que el establecimiento de este tipo de asociaciones y transferencias de funciones no se propone como un análogo directo de las categorías y relaciones semánticas y gramaticales del lenguaje, sino como una habilidad de orden más básico que podría contribuir a su adquisición (Tyndall, Roche, & James, 2004; Wirth & Chase, 2002).

En relación al procesamiento cerebral de las relaciones de equivalencia, diversos estudios (Barnes-Holmes et al., 2005; Haimson, Wilkinson, Rosenquist, Ouimet, & McIlvane, 2009; Tabullo et al., 2015a; Tabullo, Yorio, Zanutto, & Wainselboim, 2015c) indicaron que entre los pares de estímulos relacionados y los estímulos no relacionados por equivalencia se observa un efecto N400, una negatividad de distribución posterior típicamente vinculada al costo de procesamiento léxico-semántico de palabras en oraciones, y a las relaciones semánticas y asociativas en estudios lingüísticos de priming (para una revisión, véase Kutas & Federmeier,

2011). En particular, se ha observado que los pares de estímulos no asociados por equivalencia y las palabras no asociadas semánticamente generan un potencial N400 comparable (Tabullo et al., 2015c). Se ha propuesto que este aumento en la magnitud del potencial en los pares no relacionados podría reflejar la ausencia de facilitación (efecto priming) por la propagación de la activación a través de los nodos de la memoria semántica (Kreher, Holcomb, & Kuperberg, 2006) o de los elementos pertenecientes a las clases de equivalencia (Tabullo et al., 2015c), que tiene lugar al presentar pares de estímulos asociados. En el contexto del presente experimento, esperamos que la magnitud del potencial N400 sea mayor en los pares de estímulos pertenecientes a clases de equivalencia distintas, respecto de los pertenecientes a la misma clase de equivalencia. A su vez, esperamos que al contrastar pares de estímulos no asociados por la gramática en oposición a los vinculados a través de un elemento de la categoría gramatical se genere también un efecto de tipo N400. Por último, esperamos un efecto N400 al comparar los estímulos relacionados a través de un elemento de la gramática en oposición a los pares relacionados por equivalencia.

En resumen los objetivos del presente experimento son: 1) analizar si cuando un elemento de una clase de equivalencia pertenece también a una clase gramatical (combinatoria), las propiedades de simetría, transitividad y reflexividad se traspasan en forma no entrenada al resto de los elementos de la categoría gramatical, y 2) comparar los potenciales cerebrales evocados por la presentación de pares de estímulos relacionados por equivalencia, pares asociados por el vínculo en común con un elemento de la categoría gramatical artificial y pares de estímulos no relacionados.

Método

Participantes

Formaron parte de la muestra un total de 12 adultos sanos diestros con edades comprendidas entre los 22 y 30 años ($M= 27.31 \pm 3.27$ años), sin antecedentes de trastornos mentales o neurológicos. Todos los participantes eran estudiantes de grado de nivel universitario y participaron voluntariamente del experimento. El protocolo experimental fue aprobado por el comité de ética del Instituto de Biología y Medicina

Experimental (IBYME) y se siguieron estrictamente las normas internacionales para la investigación en humanos.

Procedimiento

El experimento se desarrolló en una sola sesión, en la cual los participantes realizaron en el siguiente orden: 1) entrenamiento en gramática artificial; 2) entrenamiento y testeo de relaciones de equivalencia, 3) tarea de juicio de relación con estímulos relacionados por equivalencia y por clase gramatical.

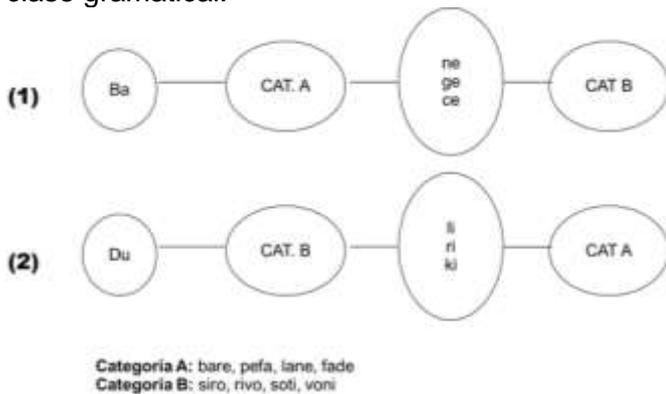


Figura 1. Estructura de la gramática artificial utilizada en el experimento. Las secuencias gramaticales se construyeron navegando el grafo de izquierda a derecha (sea por el camino 1 o por el 2), agregando una palabra de cada categoría correspondiente. Las secuencias se iniciaron siempre a partir de las palabras “ba” o “du”.

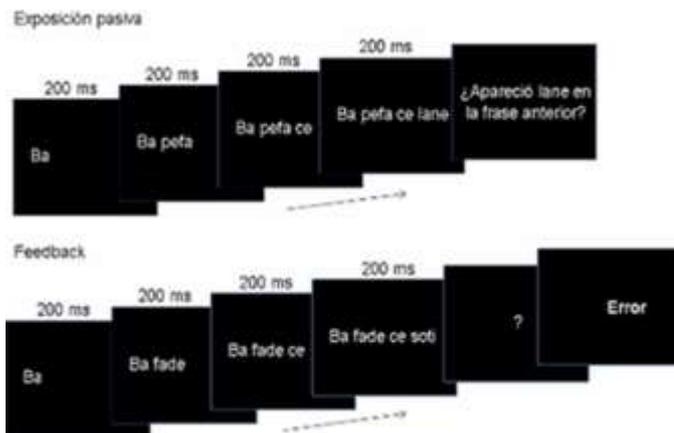


Figura 2. Curso temporal de un ensayo perteneciente al bloque de exposición pasiva y al bloque con feedback, en la tarea de gramática.

1) Tarea de gramática artificial. Se utilizó una gramática artificial con un léxico de 16 palabras artificiales fonotácticamente correctas. Éstas podían ser monosilábicas (*ba, du, ne, ge, ce, li, ri, ki*) o bisilábicas, con una estructura consonante-vocal-consonante- vocal (*bare, pefa, lane, fade,*

siro, rivo, soti, voni), agrupándose en distintas categorías de acuerdo a las posibilidades combinatorias en la gramática. Las secuencias de la gramática se construyeron a partir de dos posibles caminos (ver Figura 1): (1) *ba* – categoría A (*bare, pefa, lane, fade*) – categoría C (*ne, ge, ce*) – categoría B (*siro, rivo, soti, voni*), (2) *du* – categoría B (*siro, rivo, soti, voni*) – categoría D (*li, ri, ki*) – categoría A (*bare, pefa, lane, fade*). Cada secuencia se construyó empezando siempre por *ba* o *du* y continuando con un elemento de la categoría correspondiente (e.g. estructura 1: *ba lane ge soti*; estructura 2: *du rivo li pefa*). Las categorías A y B de la gramática estuvieron construidas de forma tal que un elemento de cada una formara parte de las relaciones de equivalencia de la tarea posterior (*bare* en la categoría A y *siro* en la categoría B). Antes de comenzar se les explicó a los participantes que verían oraciones construidas con palabras y reglas combinatorias de carácter arbitrario y que su tarea sería aprender dichas reglas combinatorias. Se presentaron dos bloques sucesivos de entrenamiento por exposición pasiva, intercalados con dos bloques de entrenamiento con *feedback* correctivo (Arismendi et al., 2012). Para asegurar que estuvieran prestando atención, en los bloques de entrenamiento por exposición pasiva los participantes debían responder a intervalos aleatorios si había aparecido cierto ítem en la secuencia recién vista (e.g.: “¿Apareció *bare* en la secuencia anterior?”). En cada uno de estos bloques se presentaron 40 secuencias construidas de acuerdo con las reglas de la gramática (20 por cada tipo de estructura), de izquierda a derecha en la pantalla de la computadora y de a una palabra por vez, con un intervalo de 200 ms entre la aparición de cada palabra (ver Figura 2), y permaneciendo en la pantalla durante 2 s antes de pasar a la siguiente. En los bloques de entrenamiento por *feedback* se indicó a los participantes que decidieran rápidamente si las secuencias presentadas obedecían a las reglas de la gramática artificial o no, recibiendo *feedback* en cada ensayo de acuerdo con su respuesta (Figura 2). Los errores consistieron en todos los casos en presentar palabras en posiciones incorrectas (Tabla 1). En los bloques de entrenamiento por *feedback* se presentaron 30 secuencias, 15 gramaticalmente correctas y 15 con errores, intercaladas semi-aleatoriamente. El formato de

presentación de las secuencias fue el mismo que en las fases de entrenamiento pasivo, pero las secuencias permanecían en la pantalla hasta que los participantes respondieran. Luego del entrenamiento en la gramática artificial, los participantes continuaron con la tarea de relaciones de equivalencia.

Tabla 1. Ejemplos de secuencias presentadas en la tarea de gramática artificial

Tipo	Secuencias gramaticales	Violaciones estructurales
(1)	<i>Ba pefa ge voni</i> <i>Ba leda ne soti</i>	<i>Ba pefa ge bare</i> <i>Ba siro ne soti</i>
(2)	<i>Du siro li lane</i> <i>Du soti ri fade</i>	<i>Du siro li rivo</i> <i>Du lane ri fade</i>

Nota. Los estímulos subrayados y en negrita indican la posición de la violación en las secuencias no gramaticales

2) Tarea de relaciones de equivalencia. En la fase de entrenamiento (Figura 3), los participantes aprendieron cuatro relaciones basales entre estímulos mediante emparejamiento con la muestra (*Matching to sample* - MTS). Se les explicó que verían un estímulo de muestra en la parte superior de la pantalla y dos de comparación en la parte inferior y que deberían elegir cuál de los dos se correspondía con el estímulo de muestra, presionando las teclas Ctrl (izquierda o derecha). Se les informó que los estímulos eran no-palabras, que la relación entre ellas era arbitraria, y que una vez realizada su elección el programa les informaría si había sido correcta. Se les pidió que respondieran lo más rápido posible, tratando de no equivocarse. Las siguientes no-palabras fueron presentados como estímulos: *koza* (A1), *bare* (B1), *fita* (C1), *geki* (A2), *siro* (B2), *zofe* (C2), utilizando un protocolo de entrenamiento de muestra como nodo (Arntzen, Grondahl, & Eilifsen, 2010; Arntzen & Holth, 1997, 2000). La Tabla 2 describe la totalidad de los estímulos utilizados en esta etapa del experimento. El entrenamiento se dividió en tres bloques: i) 16 ensayos de relaciones AB (A1-B1, A2- B2), ii) 16 ensayos de relaciones AC (A1-C1, A2-C2), y iii) 64 ensayos en los cuales se intercalaron en forma semi-aleatoria las relaciones AB y AC. Concluida la fase de entrenamiento, los participantes continuaron con la fase de test de la tarea de equivalencia (ver Figura 3), en la cual

debieron resolver un primer bloque (16 ensayos) de relaciones derivadas de simetría y transitividad combinadas: BC (B1-C1, B2-C2) y CB (C1-B1, C2-B2). Se les aclaró que las relaciones se podrían resolver con los conocimientos adquiridos durante el entrenamiento. La verificación de la relación de simetría-transitividad combinada en los participantes se consideró evidencia de la adquisición de las dos clases de equivalencia (tres estímulos cada una). En un segundo bloque de testeo (16 ensayos) los estímulos de comparación fueron no-palabras pertenecientes a la misma categoría gramatical que los estímulos de comparación del bloque anterior (véase Tabla 2).

Tabla 2.

Clases de equivalencia surgidas a partir del entrenamiento en la tarea de relaciones de equivalencia.

Clase	Estímulo				
	Entrenado			Relacionado por gramática	
	A	B	C	D	E
1	<i>koza</i>	<i>bare</i>	<i>fita</i>	<i>pefa</i>	<i>lane</i>
2	<i>geki</i>	<i>siro</i>	<i>zofe</i>	<i>soti</i>	<i>rivo</i>

Nota. En negrita figuran los elementos que forman parte de las mismas clases gramaticales (*bare*, *pefa* y *lane*; *siro*, *soti* y *rivo*)

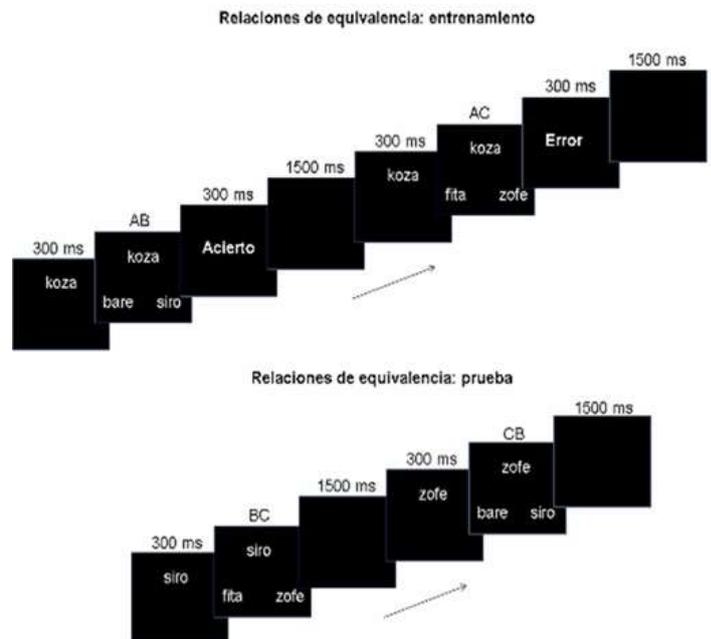


Figura 3. Curso temporal de los ensayos de entrenamiento (relaciones AB y AC), y de los ensayos de testeo en la tarea de relaciones de equivalencia.

El estímulo B1 ("*bare*") fue reemplazado por

no-palabras pertenecientes a la misma categoría gramatical: “pefa” y “lane” (denominados D1 y E1 respectivamente), mientras que el estímulo B2 (“siro”) fue reemplazado por los estímulos “soti” y “rivo” (D2 y E2, respectivamente). De esta manera, se puso a prueba la pertenencia del resto de los estímulos de cada categoría combinatoria a la clase de equivalencia constituida luego del entrenamiento. Si los estímulos (D1, D2, E1, E2) que integran la misma categoría gramatical que B1 y B2 verifican la relación de simetría-

transitividad combinada sin entrenamiento adicional, esto indicaría que la pertenencia a las clases de equivalencia se transfirió también a estos elementos. En la [Tabla 3](#) se describe la totalidad de las relaciones presentadas durante la fase de entrenamiento (con feedback) y los ensayos correspondientes a las fases de testeo (sin feedback). Una vez concluida la tarea de equivalencia, los participantes continuaron con el juicio de relación.

Tabla 3. *Estímulos utilizados durante las fases de entrenamiento testeo en la tarea de relaciones de equivalencia*

Fase	Grupo	Tipo de Estímulo	No-palabras	
Entrenamiento (relaciones A-B)	A1-B1	Muestra	KOZA	
		Comparación	BARE SIRO	
	A2-B2	Muestra	GEKI	
		Comparación	BARE SIRO	
Entrenamiento (relaciones A-C)	A1-C1	Muestra	KOZA	
		Comparación	FITA ZOFE	
	A2-C2	Muestra	GEKI	
		Comparación	FITA ZOFE	
Entrenamiento combinado (relaciones A-B y A-C)	A1-B1	Muestra	KOZA	
		Comparación	BARE SIRO	
	A1-C1	Muestra	KOZA	
		Comparación	FITA ZOFE	
	A2-B2	Muestra	GEKI	
		Comparación	BARE SIRO	
A2-C2	Muestra	GEKI		
	Comparación	FITA ZOFE		
Test de equivalencia	B1-C1	Muestra	BARE	
		Comparación	FITA ZOFE	
	C1-B1	Muestra	FITA	
		Comparación	BARE SIRO	
	B2-C2	Muestra	SIRO	
		Comparación	FITA ZOFE	
	C2-B2	Muestra	ZOFE	
		Comparación	BARE SIRO	
	Test con estímulos relacionados por clase gramatical	C1-D1	Muestra	FITA
			Comparación	PEFA SOTI
		C1-E1	Muestra	FITA
			Comparación	LANE RIVO
C2-D2		Muestra	ZOFE	
		Comparación	PEFA SOTI	
C2-E2	Muestra	ZOFE		
	Comparación	LANE RIVO		

3) Juicio de relación. Los participantes realizaron una tarea en la cual se les explicó que se les presentarían pares de estímulos (de a un estímulo por vez) y ellos tendrían que responder presionando una tecla (luego de la aparición del segundo estímulo), si estaban o no relacionados de acuerdo con el entrenamiento que habían recibido. También se les explicó que durante esta etapa no se informarían aciertos ni errores. Se presentaron cuatro condiciones experimentales: i) pares de estímulos relacionados por equivalencia (B1-C1, C1-B1, B2-C2, C2-B2), ii) pares de estímulos relacionados a través de la gramática (D1-C1, E1-C1, D2-C2, E2-C2), iii) pares de estímulos no relacionados por equivalencia (B1-C2, B2-C1, C1-B2, C2-B1), y iv) pares de estímulos no relacionados por gramática (D1-C2, D2-C1, E1-B2, E2-B1). La [Tabla 4](#) presenta ejemplos de los pares de estímulos presentados en cada condición de la tarea de juicios de relación. En total se presentaron 160 pares de estímulos, 80 relacionados y 80 no relacionados (40 por equivalencia y 40 a través de la gramática en cada caso). La estructura de cada ensayo fue la siguiente: presentación de punto de fijación (signo “+”) durante 250 ms, presentación del primer estímulo del par (250 ms), pantalla negra (100 ms), presentación del segundo estímulo del par – target – hasta el momento de la respuesta del sujeto (asíncronía de inicio de estímulos: 350 ms) (ver [Figura 4](#)). En esta tarea se realizó el registro de la actividad electroencefalográfica (EEG), sincronizado con la aparición de los estímulos target (segundo estímulo de cada par).

Tarea de test: juicio de relación

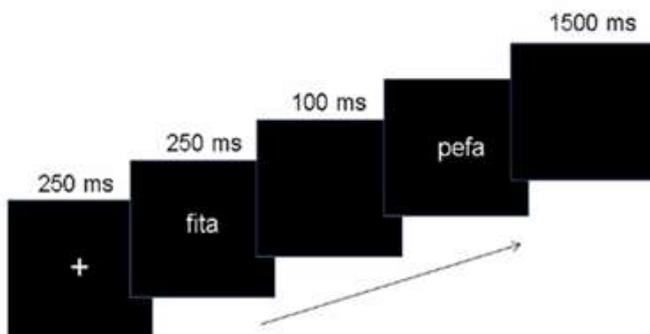


Figura 4. Tarea de Juicio de relación. En todos los casos las secuencias fueron presentadas de izquierda a derecha, de a un ítem por vez.

Tabla 4.

Ejemplos de pares de estímulos presentados en la tarea de juicios de relación por condición experimental

Clase	Equivalencia	Gramática
Relacionados	<i>bare - fita; zofe - siro</i>	<i>pefa – fita; rivo - zofe</i>
No relacionados	<i>fita – siro; bare -zofe</i>	<i>rivo – fita; lane - zofe</i>

Registro EEG y análisis estadístico.

Texto La actividad EEG se registró con un equipo AKONIC BIOPC y un gorro Electro-Cap de 30 electrodos (sistema internacional 10/20 extendido). La impedancia de los canales se mantuvo por debajo de 10 kΩ. La señal de EEG fue digitalizada a 256 Hz y se aplicó un filtro digital entre los 0.5 y los 30 Hz. En cada tarea se sincronizó el registro con la aparición de los estímulos críticos (el segundo de cada par). El análisis offline posterior se realizó mediante EEGLAB ([Delorme & Makeig, 2004](#)). Se determinó una longitud de época de 2 s y una línea de base de 200 ms previos al inicio de la época. Los artefactos oculares se detectaron y removieron mediante el algoritmo ADJUST ([Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2010](#)). Las épocas que contenían otros tipos de artefactos fueron detectadas por inspección visual y eliminadas manualmente. En el análisis se incluyeron únicamente los ensayos con respuestas correctas. A partir de la inspección visual y de resultados publicados previamente, se determinaron las ventanas temporales de interés para el análisis estadístico. Se determinaron seis regiones de interés constituidas de la siguiente manera ([Leone-Fernández, Molinaro, Carreiras, & Barber, 2012; Tabullo et al., 2015a](#)): Región Anterior Izquierda (F7, F3, FC5, Fp1), Anterior Derecha (F8, F5, FC6, Fp2), Central Izquierda (FC1, C3, CP5, T7), Central Derecha (FC2, C4, CP6, T8), Posterior Izquierda (CP1, P7, P3, O1), y Posterior Derecha (CP2, P4, P8, O2). Se realizó un ANOVA de medidas repetidas de 3x2x2x2 con los siguientes factores intrasujeto: región (anterior, central, posterior), hemisferio (izquierdo, derecho), Tipo de estímulo (entrenados, tarea de gramática) y relación (relacionados por equivalencia, no relacionados). Los electrodos de la línea media se analizaron de manera similar, utilizando el factor intrasujeto Canal (fpz, afz, fz, cz, pz). En todos los casos (análisis de datos comportamentales y de EEG) se reportaron valores de p modificados

según la corrección de Greenhouse-Geisser, y se aplicó el ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples.

Resultados

Comportamentales

De 12 participantes, 10 completaron exitosamente el entrenamiento en gramática artificial (aciertos: $M = 70.20 \pm 8.7\%$), y pasaron la prueba de equivalencia para los estímulos que participaron del entrenamiento (B-C y C-B; aciertos: $M = 88.13 \pm 11.9\%$) y los relacionados por gramática (D-C y E-C; aciertos: $M = 79.8 \pm 12.85\%$). El elevado porcentaje de aciertos obtenido en este último test de equivalencia con los estímulos relacionados a través de la gramática, indica que los sujetos traspasaron las propiedades que definen a la equivalencia entre estímulos (simetría, reflexividad y transitividad) desde los miembros de la categoría gramatical que fueron directamente entrenados en la tarea de equivalencia (B), a aquellos elementos de la categoría gramatical que no fueron entrenados en la tarea de equivalencia (D y E).

El rendimiento en el juicio de relación fue en promedio, superior al 60% (aciertos: $M = 71.8, \pm 15.43\%$; $t(9) = 14.71, p < .001$). Adicionalmente, el rendimiento de los sujetos en cada uno de los tipos de ensayo fue significativamente superior al azar, i.e. 50% ($t_s < -0.649, p_s < .001$) (ver Figura 5). El porcentaje de aciertos durante el juicio de relación se analizó mediante un ANOVA de medidas repetidas con Tipo de estímulo (entrenados, tarea de gramática) y Relación (relacionados por equivalencia, no relacionados) como factores intrasujeto. Se encontró un efecto de tipo de estímulo ($F(1,9) = 8.05, p = .019, \eta^2_p = .47$) y una interacción Tipo \times Relación ($F(1,9) = 5.69, p = .041, \eta^2_p = .39$). El porcentaje de aciertos fue mayor en los pares de estímulos equivalentes que participaron del entrenamiento que en los relacionados por gramática ($p < .01$), mientras que esta diferencia no fue significativa entre no relacionados entrenados y no relacionados por gramática ($p = .29$). Por otra parte, el rendimiento fue superior para los estímulos equivalentes entrenados con respecto a los no equivalentes entrenados ($p = .04$), mientras que esta diferencia no fue significativa entre estímulos relacionados y no relacionados por gramática ($p = .12$).

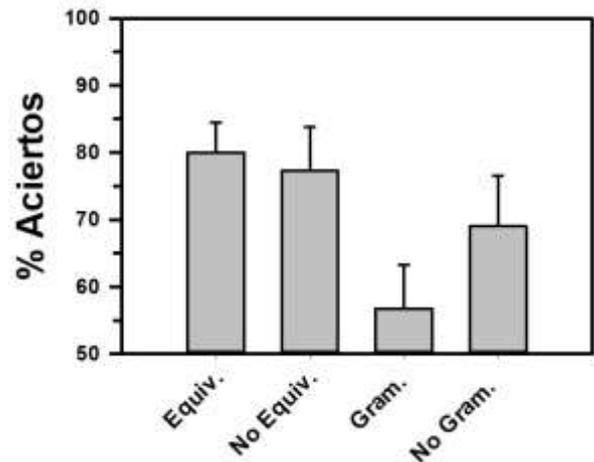


Figura 5. Porcentaje de aciertos durante el Juicio de Relación para las cuatro condiciones experimentales testeadas.

EEG

La inspección visual de los promedios generales de los trazados EEG mostró que los pares de estímulos no relacionados y los relacionados a través de la gramática generaron una negatividad posteriormente distribuida en comparación con los estímulos relacionados por equivalencia, en el rango de los 300 a 500 ms. La topografía y rango temporal del componente fueron compatibles con los de un potencial N400, tal como se ha reportado en estudios previos de lenguaje (Batterink, Karns, Yamada, & Neville, 2010; Justus, Yang, Larsen, de Mornay Davies, & Swick, 2009; Kreher et al., 2006; Misra & Holcomb, 2003; Ortu, Allan, & Donaldson, 2013; Radeau, Besson, Fonteneau, & Castro, 1998; véase Kutas & Federmeier, 2011 para una revisión) y relaciones de equivalencia (Barnes-Holmes et al., 2005; Haimson et al., 2009; Tabullo et al., 2015a). La Figura 6 muestra los promedios generales por condición experimental en un electrodo representativo (P7) y la topografía dentro de la ventana de interés (300 – 500 ms).

El análisis estadístico mostró una interacción Región \times Hemisferio \times Tipo \times Relación ($F(2,18) = 7.25, p = .005, \eta^2_p = .45$). La Figura 7 muestra el valor promedio por condición en cada región analizada. Los estímulos no relacionados que participaron del entrenamiento generaron potenciales más negativos que los equivalentes en las regiones central ($p = .048$) y posterior ($p = .032$) izquierdas, mientras que la diferencia entre estímulos relacionados y no relacionados de la tarea de gramática no fue significativa ($p_s > .33$).

Por otra parte, los estímulos equivalentes de la tarea de gramática generaron potenciales más negativos que los entrenados en las regiones posteriores izquierda ($p = .013$) y derecha ($p = .033$), mientras que no se observaron diferencias entre los estímulos no relacionados entrenados y los de la tarea de gramática ($p = .279$). El análisis de los canales de la línea media indicó una interacción Electrodo x Relación x Tipo ($F(5,42) =$

2.61 , $p < .04$, $\eta^2_p = .23$). La diferencia entre los estímulos equivalentes y los relacionados por gramática fue significativa en los canales Pz y POz ($p = .016$ y $p = .015$), mientras que no se observaron diferencias significativas con respecto a los no relacionados en ninguna de las dos condiciones (entre no relacionados entrenados y los de la tarea de gramática).

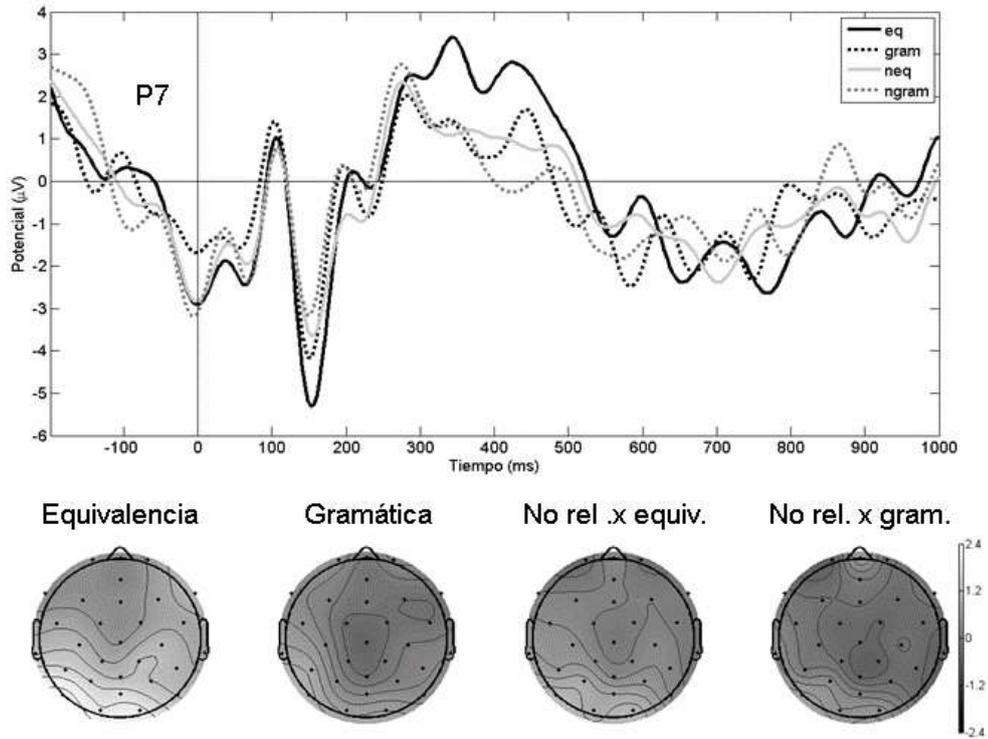


Figura 6. Promedio general de los trazados de EEG por condición experimental en el canal P7 (arriba). La línea negra sólida corresponde a los pares de estímulos relacionados por equivalencia, la línea negra punteada representa los pares relacionados por equivalencia a través de la gramática, mientras que las líneas grises sólida y punteada corresponden a los estímulos no relacionados que participaron del entrenamiento y de la tarea de gramática respectivamente. Topografía del potencial dentro de la ventana de interés, por condición experimental (abajo)

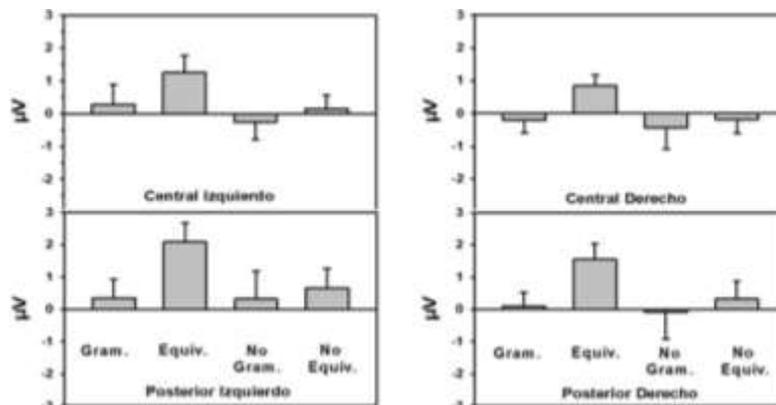


Figura 7. Potencial promedio por condición experimental para las regiones de interés central y posterior derecha e izquierda.

Con el fin de examinar la relación entre el desempeño en la tarea de juicios de relación y la magnitud del efecto N400 (diferencia entre estímulos relacionados y no relacionados), se calculó la onda de diferencia sustrayendo el promedio del voltaje (dentro de la ventana de interés: 300-500 ms) para los canales centrales y posteriores de ambos hemisferios, entre las condiciones experimentales para cada tipo de estímulo presentado (*onda de diferencia equivalencia*: no relacionados por equivalencia – relacionados por equivalencia; *onda de diferencia gramática*: no relacionados por gramática – relacionados por gramática). De esta forma, valores negativos de la onda de diferencia indican el aumento de la negatividad para los estímulos no relacionados (característica del efecto N400) respecto a los relacionados. El coeficiente de correlación producto-momento R de Pearson no indicó asociaciones significativas entre la magnitud de ambas ondas de diferencia y el porcentaje de aciertos en los diferentes tipos de ensayo en la tarea de juicios de relación. Tampoco se encontró relación entre la magnitud del potencial en cada condición experimental individual (estímulos relacionados por equivalencia, no relacionados por equivalencia, relacionados por gramática, no relacionados por gramática) y su correspondiente porcentaje de aciertos. Sin embargo, sí se observó una asociación significativa ($r = .65, p = .04$) entre la magnitud de las ondas de diferencia para estímulos relacionados por equivalencia y gramática. Es decir, que aquellos sujetos que exhibieron un mayor incremento de la negatividad para estímulos no relacionados por equivalencia también generaron negatividades mayores ante los no relacionados por gramática (en relación con los relacionados por gramática).

Discusión

Texto La mayoría de los participantes resolvieron exitosamente la tarea, ya que discriminaron correctamente: los pares de estímulos relacionados por equivalencia y los estímulos relacionados por equivalencia con los elementos de las clases combinatorias de la gramática artificial, vinculados a través de los estímulos comunes a ambas tareas. En particular, el elevado rendimiento en el test de equivalencia con los estímulos relacionados por gramática, sin

entrenamiento adicional, muestra que las relaciones derivadas de equivalencia se transfirieron a los elementos de las categorías gramaticales a los que pertenecían los estímulos directamente entrenados. Adicionalmente, en la tarea de juicios de relación, los sujetos respondieron por encima del nivel de azar tanto en los ensayos de estímulos relacionados (y no relacionados) por equivalencia como en aquellos relacionados indirectamente a través de la gramática. Esto constituye evidencia de que las categorías combinatorias aprendidas en el contexto de una gramática artificial pueden considerarse clases funcionales factibles de ser integradas a clases de equivalencia por mecanismos de condicionamiento operante. Asimismo, los resultados del presente trabajo complementan los de Tabullo et al. (2015b), que mostraron como las funciones combinatorias de los miembros de una categoría gramatical en una gramática artificial pueden transferirse a estímulos relacionados por equivalencia.

En relación con los potenciales cerebrales, los resultados de este experimento, en concordancia con estudios previamente publicados (Barnes-Holmes et al., 2005; Haimson et al., 2009; Tabullo et al., 2015a, 2015c), muestran que los estímulos no relacionados por equivalencia generaron un potencial más negativo que los equivalentes. No obstante, todos los estímulos de la tarea de gramática (tanto relacionados como no relacionados) generaron un N400 con respecto a los pares de estímulos equivalentes que participaron del entrenamiento. Este resultado puede ser explicado postulando una propagación automática de la activación a lo largo de la estructura nodal de las clases de equivalencia (similar a la que se ha propuesto para explicar el priming a nivel semántico en el lenguaje) (Tabullo et al., 2015a). Si el reconocimiento de un estímulo de la clase propaga la activación en forma inversamente proporcional a la distancia nodal del resto de los miembros, los elementos de las categorías gramaticales relacionados a través de un estímulo común podrían recibir un menor efecto de facilitación, dado que se encuentran a la mayor distancia nodal posible. Por ejemplo, para procesar la relación entre el estímulo D1 de la gramática artificial y el estímulo C1 de la clase de equivalencia es necesario atravesar 2 estímulos nodales: B1 (el estímulo común a ambas tareas) y

A1 (el estímulo nodal que conecta a B1 con C1: si A1-B1 y A1-C1 \rightarrow B1-C1). En el caso de los estímulos de la clase combinatoria no relacionada (e.g., D1-C2), el costo de procesamiento sería igual, o incluso mayor, dado que aun atravesando todas esas relaciones los estímulos no podrían integrarse. Por lo tanto, los potenciales N400 generados por los estímulos de la gramática artificial (relacionados y no relacionados) estarían reflejando el incremento en la demanda de procesamiento, provocado por el mayor número de estímulos intermedios que deben ser activados. Aun así, de acuerdo con la lógica de nuestro experimento, era esperable encontrar una negatividad mayor para aquellos estímulos no relacionados por gramática en comparación con los relacionados. Una posible razón para que esta diferencia no sea observable es que la presentación conjunta de los estímulos relacionados y no relacionados por gramática, en los ensayos del testeo por emparejamiento con la muestra, haya generado un vínculo asociativo entre las comparaciones incorrectas y los estímulos de la clase por repetición de su co-ocurrencia. Otra posibilidad es que la transferencia de la pertenencia a la clase de equivalencia de los estímulos relacionados por gramática no esté lo suficientemente establecida para discriminar entre estímulos relacionados y no relacionados (pero previamente observados) a nivel del potencial N400. Respecto con este punto, si bien no se observaron asociaciones significativas entre el porcentaje de aciertos en la tarea y la magnitud de los efectos N400, la correlación encontrada entre las ondas de diferencia de estímulos (relacionados por equivalencia y gramática) sugiere que aquellos sujetos que tuvieron un mayor cambio en la actividad cerebral, ante la “violación” de la pertenencia a una clase de equivalencia, respondieron de manera similar ante la incongruencia de la categoría gramatical del elemento. En otras palabras, los sujetos que tuvieron la mayor respuesta ante estímulos no equivalentes a nivel del N400 también tuvieron un incremento en este potencial hacia estímulos no relacionados por clase gramatical (comparados con los relacionados por gramática). Por lo tanto, los sujetos con mayor magnitud del efecto N400 en el contexto de clases de equivalencia tuvieron un patrón de potenciales cerebrales más similar al esperable, de acuerdo con nuestra hipótesis, en

los estímulos relacionados por gramática. Por otro lado, este resultado debe considerarse con cautela, dado que el tamaño de muestra de nuestro estudio es demasiado pequeño como para extraer conclusiones de carácter general.

Si la percepción de un determinado estímulo activa de manera previa un nodo o grupo de nodos vinculados (aumentando la amplitud del N400 al aumentar la distancia del estímulo percibido con los nodos preactivados), en términos funcionales el N400 obtenido en el presente experimento podría estar señalando un sistema cerebral proactivo que: 1) extrae y almacena en la memoria regularidades estadísticas (combinatorias en este caso) de los estímulos del ambiente, 2) conecta los estímulos nuevos con las representaciones relevantes previamente adquiridas y 3) utiliza estas asociaciones para generar predicciones sobre los eventos futuros, preactivando su representación para facilitar y acelerar su procesamiento cuando son percibidos (Barr, 2007). Si bien este modelo se propuso originalmente para la percepción, es aplicable también al procesamiento de redes de estímulos vinculados por relaciones de distinto tipo (semánticas, combinatorias, equivalencia, etc.).

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que las asociaciones predictivas pueden transferirse entre los miembros de una clase de equivalencia (Tabullo et al., 2015b), y recíprocamente, que los estímulos de una misma clase combinatoria resultan sustituibles cuando uno de ellos se incorpora a una clase de equivalencia (presente trabajo). Por tanto, las clases combinatorias constituidas a partir de la extracción de regularidades estadísticas pueden considerarse clases funcionales que verifican las propiedades de equivalencia, en las cuales la conducta controlada es la generación de predicciones sobre los posibles estímulos con los que los elementos de la clase pueden combinarse dentro de una secuencia. La violación de las propiedades combinatorias de estas clases funcionales genera a nivel electrofisiológico potenciales equivalentes a los observados durante el procesamiento de violaciones gramaticales en el lenguaje natural (Tabullo et al., 2013). Dicha similitud a nivel neurobiológico podría estar señalando que el procesamiento de aspectos vinculados con la gramática del lenguaje comparte una base cognitiva y cerebral en común con el

procesamiento de aspectos combinatorios de clases funcionales, adquiridas mediante aprendizaje estadístico, y que verifican las propiedades de la equivalencia. Indagar la existencia y alcance de este vínculo podría ampliar el conocimiento de la naturaleza de los procesos cognitivos involucrados en la adquisición y uso del lenguaje. Como principal limitación del presente trabajo, debemos señalar el pequeño tamaño de la muestra y la relativa brevedad del entrenamiento al que los sujetos fueron sometidos. Futuras replicaciones (con un mayor número de participantes, entrenamientos más extensos, y mayor tamaño de las clases de equivalencia adquiridas) permitirían verificar los efectos observados e incrementar la base empírica de nuestras conclusiones.

Referencias

- Arial 10 Arismendi, A., Tabullo, A., Vernis, S., Primero, G., Fiorentini, L., Sánchez, F., & Yorío, A. (2012). El fenómeno de transferencia en gramáticas artificiales: efectos de la forma de entrenamiento. *Anuario de Investigaciones*, 23, 319-325.
- Arntzen, E., & Holth, P. (1997). Probability of stimulus equivalence as a function of training design. *The Psychological Record*, 47, 309–320. doi: 10.1007/BF03395227
- Arntzen, E., & Holth, P. (2000). Equivalence outcome in individual subjects as a function of training structure. *The Psychological Record*, 50, 603–628. doi: 10.1007/BF03395374
- Arntzen, E., Grondahl, T., & Eilifsen, C. (2010). The effects of different training structures in the establishment of conditional discriminations and the subsequent performance on the tests for stimulus equivalence. *The Psychological Record*, 60(3), 437-461. doi: 10.1007/BF03395720
- Barnes-Holmes, D., Staunton, C., Whelan, R., Barnes-Holmes, Y., Commins, S., Walsh, D., ... Dymond, S. (2005). Derived stimulus relations, semantic priming, and event-related potentials: testing a behavioral theory of semantic networks. *Journal of the Experimental Analysis of behavior*, 84(3), 417–433. doi: 10.1901/jeab.2005.78-04
- Barr, M. (2007). The proactive brain: Using analogies and associations to generate predictions. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 280-289. doi: 10.1016/j.tics.2007.05.005
- Batterink, L., Karns, C. M., Yamada, Y., & Neville, H. (2010). The role of awareness in semantic and syntactic processing: An ERP attentional blink study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 2514-2529. doi: 10.1162/jocn.2009.21361
- Catania, A. C. (1984). *Learning* (2ª ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *The Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. doi: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- Devany, J. M., Hayes, S. C., & Nelson, R. O. (1986). Equivalence class formation in language-able and language-disabled children. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 46(3), 243–257. doi: 10.1901/jeab.1986.46-243
- Dickins, D. W., Singh, K. D., Roberts, N., Burns, P., Downes, J. J., Jimmieson, P., & Bentall, R. P. (2001). An fMRI study of stimulus equivalence. *NeuroReport*, 12(2), 405-411. doi: 10.1097/00001756-200102120-00043
- Donahoe, J. W. (2002). Behavior analysis and neuroscience. *Behavioral Processes*, 57, 241-259. doi: 10.1016/S0376-6357(02)00017-7
- Dougher, M. J., & Markman, M. R. (1996). Stimulus classes and the untrained acquisition of stimulus functions. En T. R. Zentall, & P. M. Smeets (Eds.), *Stimulus class formation in humans and animals* (pp. 137–152). Amsterdam: Elsevier.
- Dugdale, N., & Lowe, C. F. (2000). Testing for symmetry in the conditional discriminations of language trained chimpanzees. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 73, 5-22. doi: 10.1901/jeab.2000.73-5
- Haimson, B., Wilkinson, K. M., Rosenquist, C., Ouimet, C., & McIlvane, W. J. (2009). Electrophysiological correlates of stimulus equivalence processes. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 92(2), 245–256. doi: 10.1901/jeab.2009.92-245.
- Hayes, S. C. (1989). Nonhumans have not yet shown stimulus equivalence. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 51(3), 385-392. doi: 10.1007/BF03395911
- Horne, P. J., & Lowe, C. F. (1996). On the origins of naming and other symbolic behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 65(1), 185–241. doi: 10.1901/jeab.1996.65-185
- Justus, T., Yang, J., Larsen, J., de Mornay Davies, P., & Swick, D. (2009). An event-related potential study of cross-modal morphological and phonological priming. *Journal of Neurolinguistics*, 22(6), 584-604. doi: 10.1016/j.jneuroling.2009.07.001
- Kreher, D. A., Holcomb, P. J., & Kuperberg, G. R. (2006). An electrophysiological investigation of indirect semantic priming. *Psychophysiology*, 43(6), 550–563. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00460.x
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621–647. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.131123.
- Leone-Fernández, B., Molinaro, N., Carreiras, M., &

- Barber, H. A. (2012). Objects, events and “to be” verbs in Spanish: an ERP study of the syntax–semantics interface. *Brain & Language*, 120(2), 127–134. doi: 10.1016/j.bandl.2010.12.006.
- Misra, M., & Holcomb, P. J. (2003). Event-related potential indices of masked repetition priming. *Psychophysiology*, 40(1), 115-130. doi: 10.1111/1469-8986.00012
- Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., & Buiatti, M. (2011). ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*, 48(2), 229-240. doi: 10.1111/j.1469-8986.2010.01061.x
- Ortu, D., Allan, K., & Donaldson, D. I. (2013). Is the N400 effect a neurophysiological index of associative relationships? *Neuropsychologia*, 51(9), 1742-1748. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2013.05.003
- Radeau, M., Besson, M., Fonteneau, E., & Castro, S. L. (1998). Semantic, repetition and rime priming between spoken words: behavioral and electrophysiological evidence. *Biological Psychology*, 48(2), 183–204. doi: 10.1016/S0301-0511(98)00012-X
- Sidman, M. (1994). *Equivalence relations and behavior: A research story*. Boston: Authors Cooperative.
- Sidman, M., & Tailby, W. (1982). Conditional discrimination vs. matching to sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37(1), 5–22. doi: 10.1901/jeab.1982.37-5
- Tabullo, A., Sevilla, Y., Segura, E., Yorio, A., Zanutto, B. S., & Wainelboim, A. J. (2013). An ERP study of structural anomalies in native and semantic free artificial grammar: evidence for shared processing mechanisms. *Brain Research*, 1527, 149-160. doi: 10.1016/j.brainres.2013.05.022
- Tabullo, A., Yorio, A., Zanutto, S., & Wainelboim, A. (2015a). ERP correlates of priming in language and stimulus equivalence: Evidence of similar N400 effects in absence of semantic content. *International Journal of Psychophysiology*, 96(2), 74-83. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.03.004
- Tabullo, A., Yorio, A., Zanutto, S., & Wainelboim, A. (2015b). Transferencia de funciones gramaticales artificiales entre estímulos relacionados por equivalencia: Un estudio de potenciales cerebrales relacionados con eventos. *Interdisciplinaria*, 32(1), 127-150.
- Tabullo, A., Yorio, A., Zanutto, S., & Wainelboim, A. (2015c). An ERP comparison of derived relations in stimulus equivalence classes. *Psychology & Neuroscience*, 8(4), 509-528. doi: 10.1037/pne0000028
- Tyndall, I. T., Roche, B., & James, J. E. (2004). The relation between stimulus function and equivalence class formation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 81(3), 257–266. doi: 10.1901/jeab.2004.81-257
- Wirth, O., & Chase, P. N. (2002). Stability of functional equivalence and stimulus equivalence: Effects of baseline reversals. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 77(1), 29-47. doi: 10.1901/jeab.2002.77-29
- Zentall, T. R. (1998). Symbolic representation in animals: Emergent stimulus relations in conditional discrimination learning. *Animal Learning and Behavior*, 26(4), 363–377. doi: 10.3758/BF03199229 Formato APA