



VISUALIZANDO EL LEXICÓN MENTAL: GRAFOS, REDES SEMÁNTICAS Y SU APLICACIÓN EN LA LINGÜÍSTICA Y EDUCACIÓN

VISUALIZING THE MENTAL LEXICON: GRAPH THEORY, SEMANTIC NETWORKS, AND THEIR APPLICATION IN LINGUISTICS AND EDUCATION

Kiriakí Palapanidi

Universidad Nacional y Kapodistriáca de Atenas

kelpagon@gmail.com

María Pilar Agustín Llach

Universidad de la Rioja

maria-del-pilar.agustin@unirioja.es

RESUMEN

En las últimas décadas se han desarrollado numerosas herramientas digitales, algunas de las cuales se han orientado a la investigación lingüística. Este estudio presenta tres herramientas informáticas: *Dispografo*, *Gephi* y *Lexpro*, utilizadas para el apoyo del análisis psicolingüístico del léxico disponible. Estas herramientas representan asociaciones léxicas en el lexicón mental mediante la teoría de grafos, a las cuales tenemos acceso a través de la prueba de disponibilidad léxica. Se profundiza en los conceptos de disponibilidad léxica, red semántica y grafos léxicos, fundamentales para el análisis y visualización de relaciones léxicas. Además, se examina la función de estas herramientas y se muestran ejemplos de grafos generados en diversos estudios con *Dispografo*, *Gephi* y *Lexpro*. Los análisis revelan que estas herramientas permiten visualizar las complejas relaciones léxicas del lexicón mental y facilitan un análisis profundo, contribuyendo a una mejor comprensión de dichas relaciones. Su uso demuestra ser valioso para el estudio de la estructura y organización del léxico. Finalmente, se exploran las aplicaciones pedagógicas de los grafos léxicos en la enseñanza de lenguas extranjeras y sus posibles desarrollos futuros a través de inteligencia artificial y procesamiento del lenguaje natural.

Palabras clave: teoría de grafos, psicolingüística, disponibilidad léxica.

ABSTRACT

In recent decades, numerous digital tools have been developed, some of which have been geared toward linguistic research. This study presents three computer tools *Dispografo*, *Gephi*, and *Lexpro* used for the psycholinguistic analysis of the available lexicon. These tools represent lexical associations in the mental lexicon through graph theory, accessed via a semantic fluency test: the lexical availability test. The study explores the concepts of lexical availability, semantic networks, and lexical graphs, which are fundamental to these programs for analyzing and visualizing lexical relationships. Additionally, the function of these tools is examined, and examples of graphs from various studies utilizing *Dispografo*, *Gephi*, and *Lexpro* are presented. The analyses reveal that these tools effectively visualize complex lexical relationships in the mental lexicon and facilitate in-depth analysis, contributing to a better understanding of these relationships. Their use proves valuable for studying the structure and organization of the lexicon. Finally, it explores the pedagogical applications of lexical graphs in foreign language teaching and their potential future developments through artificial intelligence and natural language processing.

Keywords: graph theory, psycholinguistics, lexical availability.

Recibido: 21-02-2025

Aceptado: 29-03-2025

DOI: <https://doi.org/10.17561/rilex.8.2.9504>



1. EL CONCEPTO DEL LÉXICO DISPONIBLE

La léxico estadística es la disciplina que, basándose en un análisis estadístico del uso de las palabras, determina cuáles son las más empleadas por los hablantes de una comunidad (Gutiérrez Zurita, 2008). De esta manera, a través de los cálculos de esta ciencia se puede conocer y medir el vocabulario de cierto grupo de personas (Salcedo Lagos, Kroyer & Zapata, 2012). Como sostienen varios autores (López Morales, 1995; Salcedo Lagos, Kroyer & Zapata, 2012; Sánchez-Saus Laserna, 2022) que explican los orígenes del concepto del léxico disponible, en una primera etapa, la léxico-estadística calculaba la frecuencia de las palabras, al considerarse este criterio como el más importante para determinar el léxico fundamental de una lengua. Sin embargo, según López Morales (1995), en la década de 1950, los autores de la obra *Français Fondamental* (Gougenheim, Michéa & Sauvageot, 1964), en su intento de determinar el léxico elemental necesario para el aprendizaje de francés como lengua extranjera (LE), descubrieron que el criterio de la frecuencia de las palabras era insuficiente. En concreto, fue Michéa (1953) el primero en separar palabras frecuentes (o atemáticas) de palabras disponibles (o temáticas), dado que observó que palabras muy comunes y usuales, como por ejemplo *tenedor* o *perro*, no aparecían entre las palabras más frecuentes pero sí se relacionaban con áreas concretas y eran habituales en el vocabulario coloquial de hablantes nativos. Así surgió el concepto de léxico disponible, que hace referencia a palabras temáticas que, aunque no son necesariamente frecuentes, se usan comúnmente en situaciones y contextos concretos y de la vida cotidiana. En este sentido, el léxico disponible y el léxico frecuente forman el léxico básico y fundamental de una lengua (Michéa, 1953). Este constructo de léxico disponible, o disponibilidad léxica, llegó por tanto como un criterio adicional al de frecuencia, y compatible con éste, para dilucidar y seleccionar el contenido léxico susceptible de ser enseñado en la clase de LE, principalmente. Sin embargo, el uso del constructo ha evolucionado hasta incluir descripciones de corte sociolingüístico, psicolingüístico o cognitivo.

2. LA PRUEBA DE LA DISPONIBILIDAD LÉXICA

El léxico disponible es el conjunto de unidades léxicas que un individuo posee en su mente sobre un campo temático específico (Henríquez Guarín, Mahecha Mahecha & Mateus Ferro, 2016). Para obtener este vocabulario las investigaciones usan la llamada prueba de disponibilidad léxica, una prueba de tipo de fluidez léxico-semántica en la cual el participante tiene que producir en dos minutos todas las palabras que le vienen a la mente relacionadas con la palabra estímulo o *centro de interés* (Bartol Hernández, 2006, p. 379). Los resultados se presentan como una lista de unidades léxicas ordenadas según su índice de disponibilidad, que se obtiene de la frecuencia y de la posición relativa con que aparece una unidad léxica (Paredes García, 2012). Desde sus inicios, los estudios de disponibilidad léxica han confiado en la utilización de herramientas matemáticas que permitan analizar de forma fiable los datos asociados a la disponibilidad y así obtener conclusiones con alto grado de generalización (Callealta Barroso & Gallego Gallego, 2016). Para calcular este índice López Chávez y Strassburger Frías (1991) propusieron la siguiente fórmula:

$$D(P_j) = \sum_{i=1}^n e^{-2.3 \left(\frac{i-1}{n-1} \right)} \frac{f_{ji}}{I_1}$$

Donde:

n= posición máxima alcanzada por la palabra en la muestra

i= posición de la palabra en la prueba concreta

j= índice de la palabra meta

e= número de Euler (constante de Napier)

f_{ji}= frecuencia absoluta de la palabra j en posición i

I₁= número de informantes en la muestra

D(P_j)= disponibilidad de la palabra meta j

Las unidades léxicas que están en los primeros puestos son las más disponibles, puesto que han sido generadas por la mayoría de los participantes

y además han sido producidas previamente a las unidades léxicas restantes (Mateus Ferro & Mahecha Mahecha, 2020, p. 166). El conjunto de las unidades léxicas activadas forman el léxico disponible de un individuo. Estos mismos autores, además de la disponibilidad léxica de la palabra, propusieron fórmulas para calcular el índice de disponibilidad léxica individual, que refleja la contribución del listado de palabras producidas por un hablante concreto al listado general. Posteriormente, Callealta Barroso y Gallego Gallego (2016) y Ávila Muñoz y Sánchez Sáez (2010, 2011) proponen una serie de índices adicionales que contribuyen a entender mejor el constructo de la disponibilidad léxica y a mejorar la comparabilidad entre muestras dispares. Entre otros, se ofrecen índices estandarizados y además se señala la compatibilidad en los centros de interés a través de la teoría de conjuntos difusos, se introduce el concepto de accesibilidad y el de descentralización. Esto supone un primer paso hacia la conceptualización de los listados de palabras disponibles como red léxica y sus análisis mediante otros principios que permitan una mejor visualización del vocabulario y los grupos y subgrupos que forman las palabras producidas, tal y como opera la teoría de grafos.

Normalmente, en este tipo de estudios (véase Carcedo González, 1998; López González, 2010; Verdeses-Mirabal, 2011; Šifrar Kalan, 2014; Caggiula, 2013; Jiménez Catalán, Agustín Llach, Fernández Fontecha & Canga Alonso, 2014; Sánchez-Saus Laserna, 2016) se realizan análisis cuantitativos mediante varios programas digitales. Una de las primeras aplicaciones fue [Lexidisp](#), programada por Moreno Fernández y García de las Heras en 1995. Otro programa para medir la disponibilidad léxica es [Dispolex](#), página diseñada por la Universidad de Salamanca en 2000 y supervisada por Bartol Hernández y Hernández Muñoz desde 2004, asimismo [Dispogen](#) creado en la Universidad de Concepción, Chile, por Echeverría, Purzúa y Figueroa en 2006. Más recientemente, Hernández Muñoz, Tomé Cornejo, López García y Bartol Hernández (2023) han elaborado la aplicación *LexPro*, una aplicación actualizada, mejorada, y con índices novedosos y muy útiles desde la perspectiva de la teoría

de grafos como el valor de *sigma* que mide la dimensión de la cualidad de mundo pequeño del grafo de disponibilidad léxica.

Aunque no ha tenido la misma difusión ni su uso se ha generalizado todavía en estudios empíricos, no podemos dejar de mencionar la herramienta DispoCen, que, como sus propios autores afirman, "es un sistema para el análisis de la disponibilidad y la centralidad léxica" (Ávila Muñoz, Sánchez Sáez & Odishelidze, 2021) que descansa en librería de herramientas en [R](#). Tal y como se muestra en su estudio, esta herramienta tiene amplias funcionalidades y ofrece la posibilidad de acceder a los códigos de ejecución y adaptarlos a las necesidades concretas del estudio. En general, su funcionamiento es simple y, además, existe un tutorial de [YouTube](#) que explica detalladamente los pasos básicos para instalar el módulo localmente. [DispoCen](#) es una herramienta de acceso libre y gratuito (*software libre*).

Mediante estas herramientas se calcula el índice de disponibilidad léxica usando la fórmula matemática desarrollada por López Chávez y Strassburger Frías en 1987 (Ferreira & Echeverría, 2010). Asimismo, se mide el número y la media de las unidades léxicas producidas en cada centro de interés, así como el número y la media de los vocablos (unidades léxicas diferentes) arrojados por los participantes en cada centro de interés. Además, se calcula el índice de cohesión mediante la fórmula propuesta por Echeverría (1991). Este índice actúa como un indicador que relaciona los valores obtenidos en palabras y vocablos para medir el grado de homogeneidad de las respuestas en cada centro de interés de cada grupo de participantes. Esto permite determinar si el centro de interés es coherente (cerrado), cuando las respuestas son similares, o disperso (abierto), cuando se generan muchas palabras distintas. Finalmente, es común que se examinen también el grado de compatibilidad y divergencia entre los grupos en los diferentes centros de interés (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008). Para ello se calculan el complemento de los grupos, que incluye los vocablos exclusivos de los conjuntos, la intersección, que contiene los vocablos compartidos de los conjuntos y la

unión, que abarca todos los vocablos diferentes de las listas del léxico disponible. Adicionalmente, se calcula el porcentaje de compatibilidad de los grupos en cuestión.

La prueba de la disponibilidad léxica es una prueba asociativa de múltiples respuestas; en otras palabras, se pide a los participantes que produzcan todas las palabras relacionadas con el estímulo que les vienen a la mente durante dos minutos, y esa respuesta no es única; por eso diríamos que se trata de una prueba de fluencia semántica, y que desde esta perspectiva se dan varias posibilidades novedosas respecto de los objetivos iniciales de los estudios de la disponibilidad léxica.

El análisis cualitativo de las respuestas de los participantes nos permite identificar los diferentes tipos de relaciones asociativas más frecuentes que se manifiestan en la memoria léxico-semántica, y en efecto se han realizado varios estudios (Meara, 1983; Wolter, 2001; Zareva, 2007; Precosky, 2011) de esta índole. Además, el análisis de las relaciones entre las respuestas arrojadas, es decir, el análisis de la secuencia de las respuestas, nos permite explorar el proceso de la activación de las palabras disponibles y las estrategias utilizadas para su búsqueda. Varios son los estudios que han adoptado este enfoque (ver Hernández Muñoz & López García, 2014; Šifrar Kalan, 2014; Tomé Cornejo, 2015). Generalmente, las palabras establecen relaciones semánticas entre sí que tienen su base en rasgos semánticos comunes, relación categorial (palabras base, coordinados, subordinados), proximidad funcional o metonímica, relaciones metafóricas, de sinonimia y antonimia, relaciones culturales y experienciales pero también existen asociaciones basadas en rasgos más formales como proximidad ortográfica, fonético-fonológica o proximidad sintáctica (las conocidas como colocaciones) (ver por ejemplo Hernández Muñoz & López García, 2014; Fitzpatrick, 2006, 2007; Zareva, 2007; Precosky, 2011).

Concretamente, Hernández Muñoz y López García (2014) demostraron que la similitud semántica era el tipo más frecuente de asociación seguida de subordinados y subordinados, mientras que las colocaciones fueron el tipo de

asociación menos frecuente entre adultos nativos de español. En otro estudio posterior con nativos más jóvenes, Henríquez Guarín, Mahecha Mahecha y Matéus Ferro (2016) observaron que la similitud semántica sustituye a la proximidad física (espacial) conforme la edad de los participantes aumenta. El uso de sinonimia y colocaciones resultó ser poco común entre los participantes.

Estos estudios revelan que las palabras que se almacenan en la memoria léxico-semántica se organizan siguiendo una estructura y no de forma aleatoria (ver Collins & Quillian, 1969). Estudiar esta estructura precisa y cómo los hablantes la navegan ha sido objetivo de numerosas investigaciones (Ferreira & Echeverría, 2010; Sánchez-Saus Laserna, 2016; Šifrar Kalan, 2014).

Dada la naturaleza de la prueba de disponibilidad léxica y el tipo de datos que arroja, esta se adapta muy bien a una metodología de investigación del léxico disponible dentro del marco de los estudios cognitivos y psicolingüísticos que hace uso de la teoría de grafos del ámbito de las matemáticas. Con la ayuda de diferentes herramientas, modelos y teorías matemáticas, los investigadores sistematizan e interpretan los datos y los resultados (ver Steyvers & Tenenbaum, 2005; Vitevitch, 2008; Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Morais, Olsson & Schooler, 2013). En concreto, la teoría de grafos se ha revelado como un marco de estudio adecuado para obtener información cualitativa de gran valor referente a 1) el tipo y la naturaleza de las relaciones que estructuran los vecindarios semánticos, 2) cómo se produce el crecimiento del lexicón mental a través de estas asociaciones, es decir dónde y cómo se incorporan las nuevas palabras que se aprenden, y 3) cómo se accede a estos elementos léxicos cuando se necesitan para la producción y comunicación.

3. EL PROCESO DE EVOCACIÓN DEL LÉXICO DISPONIBLE Y LA ESTRUCTURA DE LOS GRAFOS

Para abordar el estudio del léxico disponible y de la organización y acceso a este vocabulario, la tecnología y las matemáticas nos ofrecen una ayuda inestimable a través de la teoría de grafos y el análisis de redes complejas.

Últimamente, gracias al desarrollo de la tecnología, se han creado varias herramientas digitales para la investigación lingüística y en concreto para la representación del conocimiento. El *Dispografo* (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008) es una de estas herramientas, las cuales sirven para apoyar el análisis psicolingüístico del léxico disponible. Más recientemente, Hernández Muñoz, Tomé Cornejo, López García y Bartol Hernández (2023) han creado la potente herramienta *LexPro*. Igualmente, desde el ámbito de las matemáticas encontramos la herramienta *Gephi* (Cherven, 2015) que también nos permite funcionalidades muy similares, aunque no específicas para el tipo de datos que arroja la disponibilidad léxica. Gephi es una de las diferentes herramientas de software libre disponible para el análisis de redes complejas. Gephi es popular entre sociólogos y lingüísticas, aunque también éstos últimos usan otras herramientas como los paquetes SemNet (Christensen & Kennet, 2021), Ucinet (Borgatti, Everett & Freeman, 2002), o Cytoscape (Shannon, Markiel, Ozier, Baliga, Wang, Ramage, Amin, Zchikowski & Ideker, 2003), entre muchos otros. Se trata de unos instrumentos o aplicaciones que se usan para representar visualmente, en forma de grafo, las asociaciones léxicas formadas en el lexicón mental entre el léxico disponible, a las cuales tenemos acceso, como ya hemos dicho, a través de la prueba de disponibilidad léxica. De forma adicional, estas aplicaciones ofrecen información relativa a las métricas del grafo, es decir los valores que determinan las relaciones entre los nodos, las palabras, y las aristas, los vínculos entre las palabras respecto de la longitud, el número de relaciones, o el tamaño de las vecindades, por nombrar algunas.

La idea de la representación del significado y de las relaciones entre conceptos no es nueva. Arranca del famoso Árbol de Porfirio, que representa las *Categorías* de Aristóteles, bajo la forma de un árbol de relaciones (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008). Desde entonces han surgido diferentes propuestas, aunque la más adecuada para la representación del léxico disponible y en la que se basaron los creadores del *Dispografo* es la noción de la red semántica, como la ha definido Lehmann (1992).

Una red semántica representa el conocimiento como un grafo en forma de red. Una idea, un evento, una situación u objeto tienen casi siempre una estructura compuesta; esto se representa en una red semántica mediante una correspondiente estructura de nodos que representan unidades conceptuales, y aristas direccionadas que representan las relaciones entre las unidades (Lehmann, 1992, p. 2).

Lehmann (1992, p. 2) aclara que con el término *grafo* nos referimos a una estructura de nodos y aristas (*vertex* and *arc* o *dot* and *line*) que está interrelacionada, tal y como se concibe en la Teoría de los Grafos en las matemáticas.

Según los creadores del programa *Dispografo* (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008), para poder interpretar los grafos creados hay que entender los procesos implicados en el acceso al léxico disponible y su producción. Uno de los modelos que pretende explicar dichos procesos es el modelo de producción del lenguaje de Levelt (1999, 2001; Levelt, Roelofs & Meyer, 1999). Según este modelo, el proceso de producción del léxico disponible empieza con la identificación del estímulo. A continuación, se activan varias representaciones mentales o conceptos que, a su vez, propagan la activación de sus correspondientes formas léxicas. Luego, se elige la forma léxica con el mayor nivel de activación y, finalmente, se produce la palabra.

Sin embargo, en una prueba de fluencia semántica, el proceso no termina en este punto. La producción de una palabra activa otro proceso: el *priming* (Gudmundson, 2020, p. 75). Es decir, la palabra producida (*prime*) no se desactiva; en cambio, desempeña un papel muy importante al determinar la selección de la palabra siguiente, con la que guarda algún tipo de asociación. Por ejemplo, tras la producción de la palabra *sal* se activa la palabra *pimienta*. De esta forma, se ve que un estímulo no activa solo una palabra sino también otras asociadas y sucesivas a ella. Según el modelo de la propagación de la activación (*Spreading Activation Model*) de Collins y Loftus (1975, p. 411), la activación se propaga y se extiende en la red formada a través de los nodos.

Los grafos de léxico disponible generados por los programas arriba mencionados como *Dispografo*, *Gephi* o *LexPro* pretenden representar visualmente

estos procesos. Para poder interpretarlos de una manera correcta, se explicarán a continuación su construcción y su estructura. Aunque una explicación minuciosa de la teoría de grafos excedería el enfoque de este artículo, sí que debemos señalar que existen diferentes aproximaciones en la construcción del grafo y aquí nos vamos a centrar exclusivamente en los grafos de disponibilidad léxica.

En primer lugar, hay que mencionar que los grafos obtenidos por medio de estos programas se confeccionan con las respuestas de más de dos participantes, pues de otra manera se obtendría un grafo lineal. Los grafos de disponibilidad léxica se generan utilizando datos agregados de los diferentes participantes y son el resultado del formato de obtención de datos que genera una tira de palabras. Los programas generan los grafos basándose en un algoritmo que considera la frecuencia con la que se activa una respuesta en la prueba de disponibilidad léxica y la frecuencia con la que dos respuestas se activan en secuencia. Los nodos o vértices del grafo representan los vocablos producidos por los participantes, mientras que las aristas o enlaces simbolizan las relaciones entre los nodos (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008; Hernández Muñoz, Tomé Cornejo, López García & Bartol Hernández, 2023).

En el programa *Dispografo* el número de asociaciones que un vocablo establece con otros determina el número de aristas, mientras que la asociación entre vocablos, es decir, la fuerza de la relación establecida, se mide por el peso de aristas (Ferreira & Echeverría, 2010). Además, en los grafos se observan vecindades (*neighbours*) y agrupaciones (*clusters*), que expresan valores semánticos tanto de unidades léxicas (vocablos) como de conjuntos (categorías) (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008). Sin embargo, un grafo o un subgrafo (parte de un grafo) creado por el programa para un centro de interés puede ser muy complejo, y por eso no se pueden observar con claridad todos los nodos y las aristas. Por ello, una de las capacidades que los programas usados para generar los grafos de disponibilidad léxica poseen es la de “podar” el grafo con el fin de limpiar los datos de menor peso

y dejar únicamente las estructuras más relevantes, es decir las más frecuentes o salientes. De esta manera, podemos obtener “podas” de las agrupaciones más importantes de cada centro de interés analizado, y así ser capaces de ver más claramente las relaciones entre las palabras más disponibles (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008).

En un estudio muy reciente, Manjón-Cabeza (2024) compara los análisis realizados con *Dispografo* con otros dos métodos: el índice de distancias ponderado (IDP) (Manjón-Cabeza, 2008) y el índice de contigüidad de vocablos (ICV) (Guerra Salas, Gómez Sánchez, Basterrechea Salido, 2015). Este autor llega a la conclusión de que, si bien el *Dispografo* supuso un primer intento de introducir la teoría de grafos en el análisis de datos léxico-semánticos, algunos de los algoritmos detrás de sus cálculos matemáticos han sido superados por otras medidas que tienen en cuenta también asociaciones léxicas más cercanas a la realidad. Por ejemplo, el IDP de Manjón-Cabeza (2008) pondera la probabilidad de unión entre palabras, en lugar de limitarse a las uniones de palabras más frecuentes. Por su parte, el ICV tiene en cuenta la frecuencia de aparición de las palabras, y resulta especialmente útil en muestras pequeñas.

Gephi es una herramienta que no se usa exclusivamente para el análisis de los datos de la prueba de disponibilidad léxica. Sin embargo, para la construcción de grafos a través de este programa, se calculan medidas parecidas a las de *Dispografo*. Es decir, se calcula el grado de un nodo, que señala el número de conexiones asociadas con otros nodos, la distancia entre dos nodos, que indica la cantidad de aristas que los separan, la distancia promedio, que mide el camino más corto entre todos los pares de nodos en una red, el diámetro de la red, entendido como la mayor distancia entre dos nodos del grafo y la densidad del grafo, que mide el nivel de interconexión al determinar la cantidad de aristas presentes (Steyvers & Tenenbaum, 2005). Además, se pueden calcular la intermediación, que mide si un nodo desempeña un papel importante en la creación de rutas para la conexión entre otros pares

de nodos y la centralidad del nodo propio, que refleja la importancia de cada nodo en función de la relevancia de las conexiones que posee (Saavedra, Limachi, Boj, González, Corona & Geppert, 2021). Asimismo, el programa da varias opciones que facilitan la presentación visual de los grafos. Se puede utilizar el análisis por comunidad (modularidad), es decir, por grupos de nodos con características similares. En este caso, los diferentes grupos de nodos que forman la red aparecen en diferentes colores. Otras posibilidades que se ofrecen para hacer más visible la red es el ajuste del tamaño de los nodos, las etiquetas visuales de cada nodo y la aparición de sus conexiones con los otros nodos. Por último, el *software Gephi* facilita la visualización preliminar de la red que se está estudiando.

En cuanto al programa *Lexpro*, se permite la creación de diferentes tipos de gráficos. Primero, los *bigrams* o binomios dirigidos, es decir, gráficos que representan todas las parejas de palabras producidas por los informantes mostrando la dirección de producción. Los *bigrams* o binomios no dirigidos, son los gráficos que representan las parejas de palabras sin indicar la dirección de producción. Y los grafos lineales para las redes complejas, que reflejan todos los pares de palabras evaluando la distancia entre ellas hasta cinco posiciones. Los parámetros de los grafos son el tamaño de los nodos que depende de su disponibilidad, la longitud de arista que indica cuán cercanos están los nodos, la rigidez de arista, el ancho de arista que viene determinado por el peso de la conexión y la repulsión entre nodos conectados, que hace que el grafo sea más visible y facilita la localización de las comunidades o *hubs*. También, se ofrece la posibilidad de utilizar colores para resaltar los *hubs* que se distinguen en el grafo (Hernández Muñoz, Tomé Cornejo, López García, & Bartol Hernández, 2023). Además, existe la posibilidad de podar nodos y aristas para analizar redes más sencillas de grafos o subgrafos, seleccionar los datos más relevantes o facilitar la representación visual de algún nodo o *hub* concreto (Hernández Muñoz, Tomé Cornejo, López García, & Bartol Hernández, 2023).

Usar grafos nos ofrece otra ventaja adicional a la hora de analizar datos y es que permite establecer relaciones entre diferentes variables, sin que necesariamente estas tengan que ser de causalidad.

4. ESTUDIOS QUE USAN GRAFOS PARA LA REPRESENTACIÓN DEL LÉXICO DISPONIBLE

En los últimos años, numerosos estudios han utilizado la teoría de grafos o de redes complejas para analizar datos léxico-semánticos. Desde una perspectiva interdisciplinar, pero vinculada a la idea de disponibilidad como accesibilidad, los investigadores han recurrido al análisis de grafos (teoría de redes complejas) y diversas herramientas para examinar los vocabularios de los hablantes, incluidos los aprendices de una lengua (véanse, por ejemplo, Salcedo, Ferreira & Barrientos, 2013; Echeverría, Urzúa & Figueroa 2006; Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008; Ferreira & Echeverría 2010; Borodkin, Kenett, Faust & Mashal, 2016; Li, Jiang, Shang & Chen, 2021; Feng & Liu 2023). La mayoría de estos estudios se inscriben en tres ámbitos principales: a) los estudios tradicionales de disponibilidad léxica, como los realizados por Salcedo, Ferreira, Barrientos (2013), Ferreira y Echeverría (2010); b) las investigaciones sobre fluidez semántica y procesamiento del lenguaje, como las de Borge-Holthoefer y Arenas (2010), Borodkin, Kenett, Faust & Mashal (2016); y c) los estudios que provienen de corrientes centradas en el aprendizaje del vocabulario en LE, que analizan las asociaciones de palabras como parte del vocabulario productivo, entendido a su vez como una dimensión del conocimiento de vocabulario. Los resultados de estos estudios han llevado a la conclusión de que la centralidad es una medida ideal para aproximar la accesibilidad léxica y examinar la estructura del léxico mental (Feng & Liu, 2023). Varios estudios (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Ferreira & Echeverría, 2010) han asociado el grado de nodo con la centralidad o influencia del nodo dentro de la red léxico-semántica. Esta métrica ha demostrado ser especialmente útil en estudios léxicos, ya que permite identificar palabras ancla

dentro del grafo, es decir, aquellas que tienen numerosos vecinos y desempeñan un papel clave en la recuperación léxica (Feng & Liu, 2023). Además, se ha evidenciado un importante solapamiento entre la centralidad y otros constructos lingüísticos como la prototipicidad o la disponibilidad, lo que refuerza su relevancia en el estudio del léxico mental (Ávila Muñoz, Sánchez Sáez & Odishelidze, 2021). Feng y Liu (2021, p. 3) observan que "las palabras de la misma categoría semántica tienen conexiones de sentido más fuertes" y, por tanto, son una importante fuente de información sobre la estructura y organización del léxico mental.

En cuanto a los estudios que han empleado las herramientas digitales descritas para representar visualmente, en forma de grafo, sus resultados, es decir, las asociaciones léxicas formadas en el lexicón mental entre el léxico disponible, los primeros en destacar son aquellos que han utilizado el *Dispografo*. Desde la creación del *Dispografo* (Echeverría, Vargas, Urzúa & Ferreira, 2008), se han llevado a cabo varios estudios de disponibilidad léxica con diferentes objetivos que usan *Dispografo* para la representación de sus resultados. Algunos de estos estudios analizan la organización del lexicón mental en lengua materna (LM) (Gómez Molina, 2009; Henríquez Guarín, Mahecha Mahecha & Mateus Ferro, 2016; Sánchez-Saus Laserna, 2016; Mahecha Mahecha & Mateus Ferro, 2017; Mateus Ferro & Mahecha Mahecha, 2020; Blanco Correa, Salcedo Lagos & Kotz Grabole, 2020), mientras que otros comparan la organización del lexicón mental en LM con la de la LE (Ferreira & Echeverría, 2010; Tomé Cornejo, 2015).

A continuación, se presenta como ejemplo una parte del estudio de Agustín Llach y Palapanidi (2024). En las Figuras 1 y 2 aparecen dos grafos que han sido elaborados a partir de los datos del estudio concreto con hablantes nativos de español para el centro de interés *Frutas y verduras*. En la Figura 1 se presenta el grafo generado a partir de todas las respuestas de los participantes, mientras que en la Figura 2 se muestra el centro del grafo filtrado a nivel de poda 1; es decir, se han eliminado los elementos cuyas aristas tienen un peso muy bajo, o sea, igual a 1 y con conexión nula.

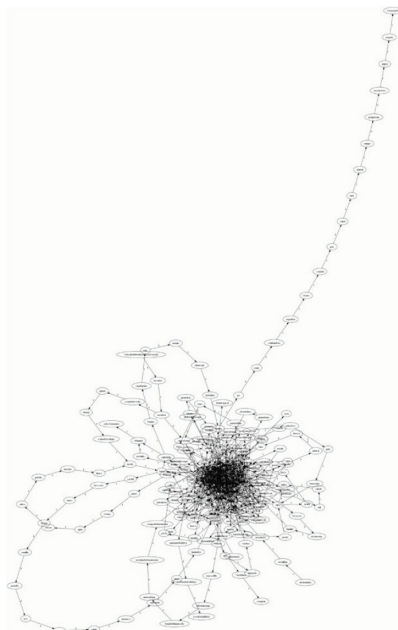


FIGURA 1: Relaciones asociativas del centro de interés “Frutas y verduras” de hablantes nativos de español

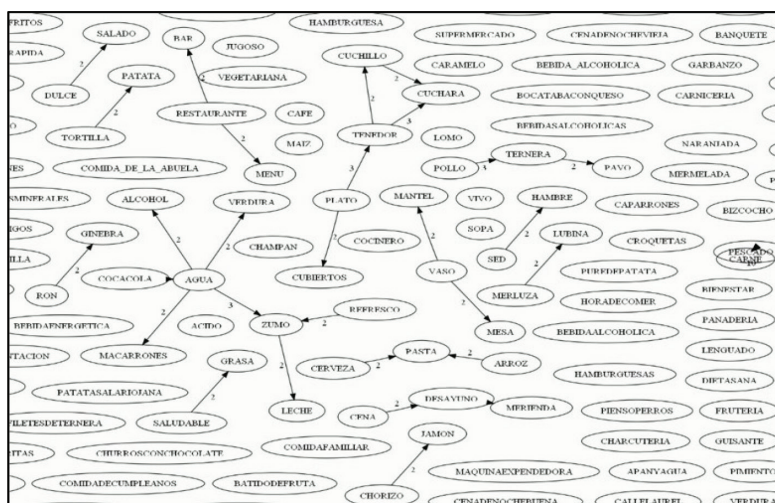


FIGURA 2: Relaciones asociativas del centro de interés “Frutas y Verduras” en hablantes nativos de español (Poda 1)

En las Figuras 3 y 4 aparecen dos grafos que han sido elaborados a partir de los datos del mismo estudio con aprendices griegos de español como lengua extranjera en respuesta al centro de interés *Frutas y verduras*. En la

Figura 3 se presenta el grafo generado a partir de todas las respuestas de los participantes en LE, mientras que en la Figura 4 se presenta el centro del grafo, que ha sido podado de aristas con peso 1 y del cual han sido eliminados los nodos huérfanos (sin aristas).

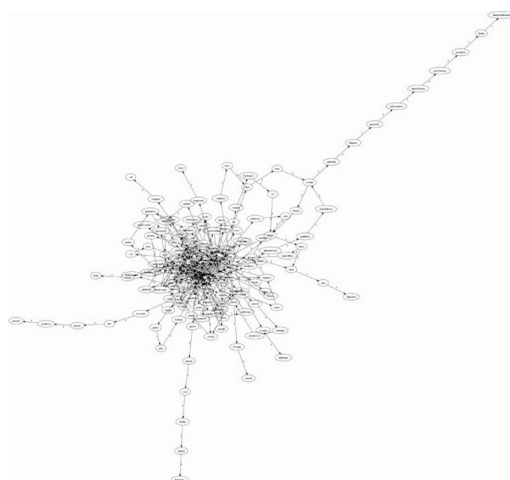


FIGURA 3: Relaciones asociativas en LE del centro de interés “Frutas y verduras” en aprendices griegos de español

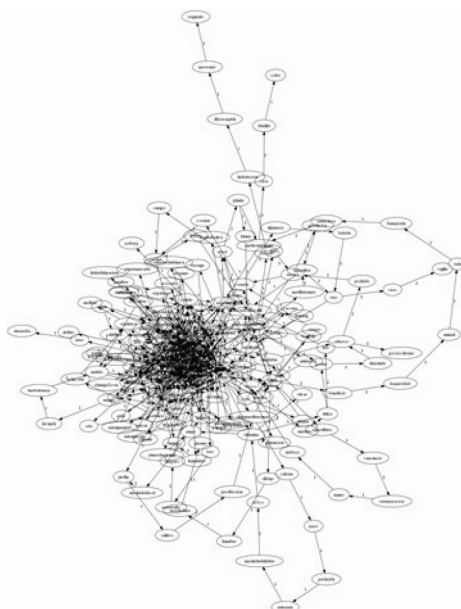


FIGURA 4: Relaciones asociativas en LM del centro de interés “Frutas y verduras” en aprendices griegos de español

Comparando el grafo de los hablantes nativos (Figura 1) y el de los aprendices griegos de español como lengua extranjera (Figura 3), se observa que la red léxica de los nativos es densa y provista de nodos más interrelacionados entre sí, al tiempo que no se notan muchos elementos periféricos, lo cual muestra que no se han producido muchas respuestas sueltas y no conectadas. De este modo, se evidencia que la organización del léxico disponible de los nativos es compacta y bien definida.

Desde el punto de vista metodológico, tenemos que aclarar que aunque en este caso el número de participantes es prácticamente el mismo en ambos grupos (52 nativos y 53 griegos), algunos autores, como Manjón-Cabeza (2024), advierten sobre las limitaciones de comparar grafos obtenidos a partir de datos no normalizados, es decir, con distinto número de informantes. Si bien esta objeción no aplica aquí, conviene señalar que en muchos estudios se omite esta precaución, lo que puede llevar a interpretaciones y conclusiones cuestionables. En este sentido, a la hora de establecer comparaciones absolutas entre grafos, el número de nodos es el elemento más relevante. Obtener grafos con el mismo número de nodos de forma experimental es prácticamente imposible, así que generalmente se recurre a dos métodos: a) comparación del grafo experimental con el grafo aleatorio del mismo tamaño (es decir, mismo número de nodos) y b) manipulaciones de grafos experimentales con podas a 20/50/100 nodos, por ejemplo y generalmente con valores propios, eliminando el peso de las aristas. En este último caso, la creación del grafo suele hacerse eliminando palabras que por ejemplo, aparecen una única vez o construyendo el nodos con las X palabras más centrales. Finalmente, es posible la normalización de las métricas, como la centralidad, conectividad o cohesión del grafo pueden normalizarse en función del tamaño del grafo (número de nodos o aristas). Por ejemplo, métricas como el coeficiente de agrupamiento promedio o la centralidad de cercanía pueden ajustarse para que sean comparables entre grafos de distinto tamaño. También se pueden analizar subgrafos o comunidades dentro de cada grafo.

Esto permite observar patrones locales independientemente del tamaño total del grafo.

Por su parte, en el grafo de los aprendices griegos de español se ve claramente una red léxica menos apretada y menos organizada, dotada de muchos elementos periféricos, es decir, de muchas unidades léxicas que no se hallan conectadas con otras. Son respuestas que, aunque los participantes o alumnos saben que se relacionan con el estímulo, no pueden integrarlas en la red léxica del campo semántico analizado y tampoco saben cuál sería su sitio dentro de esta red. Así, diríamos que el conocimiento de este campo léxico por parte de los alumnos resulta superficial e incompleto.

Adicionalmente, en los grafos podados se pueden observar las vecindades y las agrupaciones léxicas, que son fruto de los efectos de *priming*. En concreto, los grafos podados (Figura 2 y Figura 4) dan pie a observaciones que tienen que ver con la configuración de los vecinos y de los núcleos de la red léxica. Es decir, se pueden ver cuáles son los vecinos inmediatos, cuáles son las palabras que forman las agrupaciones léxicas creadas (*clusters*), sus características, el tipo de sus relaciones y la fuerza de estas. Toda esta información está a todas luces visible en los grafos sin la necesidad de otro tipo de procesamiento de los datos recogidos.

Otro programa utilizado para el análisis de la disponibilidad léxica y la representación de sus resultados a través de grafos léxicos es el Gephi. Sin embargo, es una herramienta que no se usa exclusivamente en el ámbito de lingüística aplicada y en concreto, para el análisis de los datos de la prueba de disponibilidad léxica. Varios estudios con diferentes objetivos han empleado este programa en el ámbito de la educación. Algunos (Valenzuela Castellanos, Pérez Villalobos, Bustos & Salcedo Lagos, 2018) para mostrar cómo cambian los conceptos sobre el aprendizaje de futuros profesores durante sus estudios. Otro estudio (Zambrano & Agustín Llach, 2023) analiza el léxico disponible sobre conceptos de aprendizaje y motivación por el aprendizaje en estudiantes de pedagogía.

A continuación, en la Figura 5 se presenta como ejemplo una parte de los resultados del estudio de Valenzuela Castellanos, Pérez Villalobos, Bustos y Salcedo Lagos (2018). El grafo representa las relaciones (a través de las aristas) entre las respuestas (nodos) generadas por los informantes de una prueba de disponibilidad léxica. Observando el grafo entendemos que la unidad léxica presenta la mayor conectividad y disponibilidad es *conocimiento*. Además, se puede ver que dicha unidad léxica participa en diferentes cliques (conjuntos de 3 o más nodos, que se encuentran totalmente conectados entre sí) uno con *metacognición* y *constructivismo*; otro con *cambio* y *construcción*; con *proceso* y *cambio*, y con *motivación* y *profesor*.

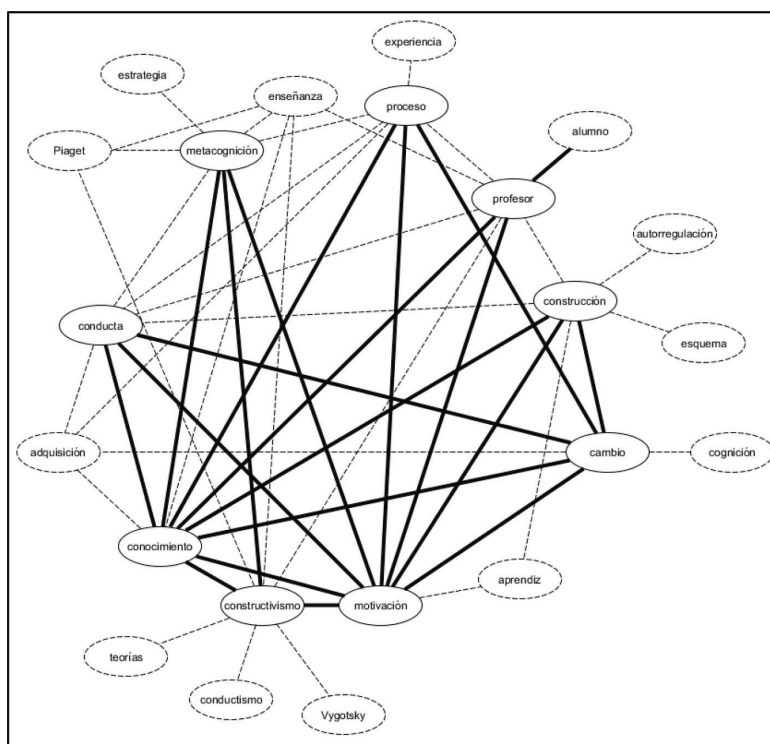


FIGURA 5: Grafo para el centro de interés aprendizaje

En la Figura 6 se presenta otro ejemplo del estudio de Zambrano y Agustín Llach (2023). El grafo representa las relaciones (a través de las aristas) entre las palabras (nodos) arrojados por los informantes de una prueba de

disponibilidad léxica. Las aristas tienen diferente peso según el número de veces que se ha producido la secuencia de los vocablos unidos. El número que aparece al lado de las aristas es el número de veces que se repite la secuencia. Y el punto de la arista muestra la dirección de la secuencia. Por ejemplo, los vocablos *estudiante* y *profesor* están unidos con un arista de mucho peso, 63, porque la secuencia *profesor* -> *estudiante* se ha producido 63 veces. Además, si miramos el otro punto de la arista, se observa el peso 24, lo cual significa que se ha producido 24 veces la secuencia *estudiante* -> *profesor*.

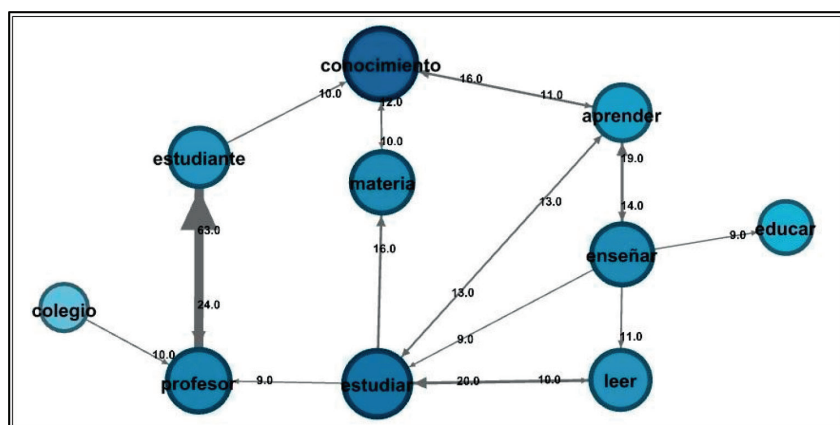


FIGURA 6: Grafo para el centro de interés “aprendizaje” considerando los 10 vocablos más disponibles

Finalmente, en la Figura 7 presentamos un ejemplo de grafo generado por la herramienta más reciente, que es Lexpro. En concreto, se presenta una parte de los resultados del estudio de Sánchez-Saus Laserna y Álvarez Torres (2024), quienes investigan la influencia del contexto de aprendizaje en la productividad léxica y las redes semánticas construidas el lexicón mental. Para ello, se emplea una prueba de disponibilidad léxica para recoger datos de dos grupos de informantes angloparlantes de ELE, uno que estudia español en un contexto de aprendizaje formal y otro que está realizando una estancia Erasmus en España.

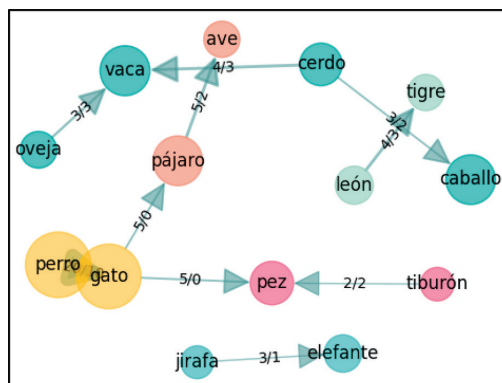


FIGURA 7: Grafo para el centro de interés “los animales” en el grupo en contexto de estancia Erasmus

El grafo de la Figura 7 se representa la red de nodos más interconectados del grupo que está realizando una estancia Erasmus en España. El programa nos da la posibilidad de seleccionar los nodos que nos interesan utilizando filtros. Por ejemplo, en este grafo, las autoras que pretenden localizar las redes de nodos con la mayoría de interconexiones, han seleccionado un filtro para identificar aquellos nodos que están conectados al menos a otro nodo y que están vinculados con aristas de un peso de por lo menos 3 (es decir, nodos que han establecido asociaciones con otras respuestas al menos tres veces). Además, observamos que los grafos son dirigidos, es decir, representan todas las parejas de palabras producidas por los informantes mostrando la dirección de producción a través de las flechas. Finalmente, se distinguen los diferentes colores de las comunidades en el grafo, una posibilidad que nos ayuda a identificarlas y facilita su visibilidad.

5. USO DE GRAFOS LÉXICOS EN LA ENSEÑANZA DEL VOCABULARIO DE LENGUAS EXTRANJERAS

A pesar de que las herramientas informáticas descritas, es decir, *Dispografo*, *Gephi* y *Lexpro*, se usan para facilitar la investigación lingüística, pueden tener un uso pedagógico y beneficiar también la didáctica y el proceso de adquisición del vocabulario en LE. Diversos estudios (Ávila Muñoz & Sánchez Sáez, 2010; Blanco Correa, Salcedo Lagos & Kotz Grabole, 2020; Henríquez

Guarín, Mahecha Mahecha & Mateus Ferro, 2016) han destacado la relevancia de los grafos léxicos en el análisis del vocabulario disponible y su organización en la mente del hablante. A continuación, se presentan algunas de sus principales implicaciones para el aprendizaje, la enseñanza y la evaluación del vocabulario en LE.

En primer lugar, la posibilidad que dichas herramientas digitales ofrecen a los estudiantes de LE de visualizar sus propias redes léxicas puede contribuir significativamente al desarrollo de sus habilidades metacognitivas. A través de dicha visualización, los estudiantes reflexionan sobre el proceso de adquisición del vocabulario en una LE, así como sobre la manera en que las palabras se almacenan y se organizan en su lexicón mental (Ferreira & Echeverría, 2010). Además, el uso de estas herramientas en distintas fases del aprendizaje les permite a los estudiantes observar la evolución de sus asociaciones léxicas y el desarrollo progresivo de sus redes léxicas a medida que avanza su competencia léxica (Sánchez-Saus Laserna & Álvarez Torres, 2024). Esta toma de conciencia no solo fomenta la autonomía en el aprendizaje, sino que también facilita la aplicación de estrategias más efectivas para la retención léxica (Nation, 2022).

Más allá de favorecer la comprensión del proceso de adquisición del vocabulario en LE, la visualización de las redes léxicas en sí misma contribuye a la retención de nuevas palabras por parte de los estudiantes de LE, ya que estimula la memoria visual. Como el valor y la importancia de la visualización de las redes léxicas son reconocidos para la retención léxica en la memoria a largo plazo (Zavala Álvarez, Andrade-Guzmán, Borja-Moscoso, Mena-Ramírez & Espinoza-Molina, 2018), ya existen diccionarios que muestran de manera gráfica la red de unidades léxicas que se relacionan con la palabra que se busca. Uno de estos es el *Visuwords*¹, que es del inglés y está en línea (Figura 8).

¹ <https://visuwords.com>

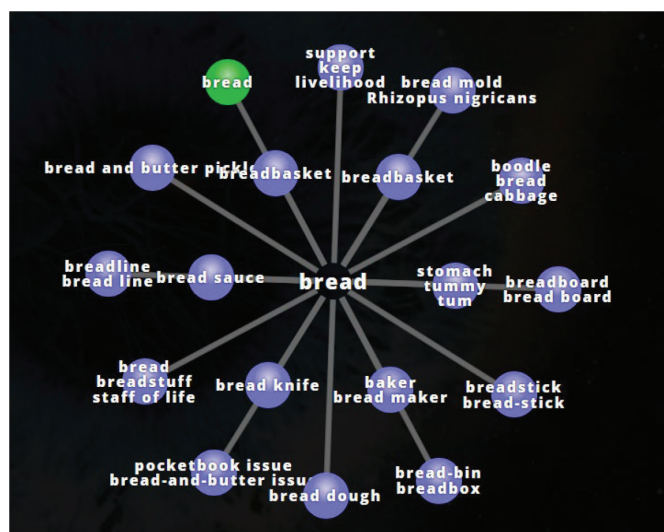


FIGURA 8: Visualización de la palabra “bread” del diccionario Visuwords TM

Además, según varios autores (Rodríguez Paniagua, 2011; Saracho Anráiz, 2019-2020), la representación gráfica del léxico respeta el modo natural en que el cerebro organiza la información, es decir, en forma de redes. Esta correspondencia con la estructura neurofuncional de las redes sinápticas cerebrales explicaría por qué este método resulta más eficaz que otras técnicas tradicionales, como las listas de palabras o las tarjetas de memoria. Integrarse visual y conceptualmente en un esquema cognitivo previo, específicamente en el lexicon mental del individuo, las nuevas unidades léxicas no solo se retienen mejor, sino que también se incorporan de forma más significativa al sistema lingüístico del estudiante. Según la teoría de Ausubel (1963), el aprendizaje es significativo cuando los nuevos conocimientos se relacionan con los ya existentes de manera sustancial y así se fortalece tanto la memoria como el uso del vocabulario aprendido.

Por otra parte, el uso de estas herramientas digitales también beneficia el trabajo de los docentes de LE de diversas maneras. En concreto, la visualización de una red léxica puede contribuir a la identificación de los vacíos léxicos que presentan sus alumnos en un determinado campo semántico. Es decir, al observar la red creada por sus alumnos, los docentes pueden identificar

palabras aisladas (nodos huérfanos) o áreas léxicas (comunidades léxicas) menos desarrolladas. Esta información permite optimizar el proceso de intervención didáctica, ya que ayuda a determinar qué palabras deben enseñarse para expandir y consolidar las redes léxicas de los estudiantes (Henríquez Guarín, Mahecha Mahecha & Mateus Ferro, 2016). De este modo, los docentes pueden adaptar sus clases en función de las necesidades y debilidades de sus estudiantes, promoviendo así una enseñanza más personalizada y efectiva.

Asimismo, la observación de las redes léxicas en diferentes fases del aprendizaje permite a los profesores analizar la evolución del conocimiento léxico de sus estudiantes a lo largo del tiempo y extraer conclusiones sobre su progreso (Blanco Correa, Salcedo Lagos & Kotz Grabole, 2020). Así, en las primeras etapas del aprendizaje, las redes léxicas suelen ser desorganizadas y presentan conexiones dispersas, mientras que, a medida que avanza la competencia léxica, estas redes léxicas se enriquecen y se vuelven más cohesionadas y estructuradas (Sánchez-Saus Laserna & Álvarez Torres, 2024). Este análisis facilita la implementación de estrategias pedagógicas basadas en datos objetivos, lo que favorece una enseñanza más ajustada a los procesos cognitivos de los aprendices.

Como se ha mostrado, el uso de grafos léxicos en el aprendizaje del vocabulario en LE beneficia este proceso de varias maneras y posee un enorme potencial. Este potencial puede materializarse gracias a la evolución tecnológica, especialmente a través de la Inteligencia Artificial (IA) y el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN). Es decir, el desarrollo de estas nuevas tecnologías abre la puerta a la creación de aplicaciones y recursos informáticos basados en grafos léxicos, los cuales podrían emplearse en el ámbito educativo, especialmente en la enseñanza de LE.

Algunas de las herramientas informáticas educativas que podrían desarrollarse en el futuro incluyen plataformas de aprendizaje personalizadas que puedan analizar el léxico disponible de un estudiante de LE y sugerir estrategias para reforzar las áreas léxicas menos estructuradas, así como expandir las redes léxicas de campos semánticos menos desarrollados.

Otra posible aplicación sería la creación actividades de vocabulario interactivas basadas en el análisis de la red léxica de un estudiante. Es decir, el programa generaría ejercicios personalizados adaptados al vocabulario de cada estudiante, como juegos de asociación de palabras o actividades de categorización léxica, con el fin de reforzar las conexiones existentes y ampliar el vocabulario mediante nuevas asociaciones.

Por último, se podría diseñar un sistema que analice el vocabulario empleado en producciones escritas u orales de estudiantes de LE para evaluarlo y ofrecer retroalimentación en tiempo real. Este sistema compararía el vocabulario del estudiante con un grafo léxico predefinido correspondiente al campo semántico analizado y al nivel lingüístico esperado. Se podrían examinar diferentes aspectos, como la variedad léxica y la presencia de huecos léxicos, proporcionando así una evaluación inmediata del vocabulario del estudiante de LE.

6. CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha diferenciado el concepto del léxico disponible de la prueba de la disponibilidad léxica. Además, se han explicado brevemente los procesos cognitivos implicados en la evocación del léxico disponible y también se han aclarado las nociones de red semántica y de grafos léxicos, en las que se basan los programas informáticos *Dispografo*, *Gephi* y *Lexpro*. Así mismo, se han descrito algunos aspectos de la función de dichos programas, presentándose ejemplos de diferentes estudios en los que han sido empleados.

De esta manera, se ha evidenciado que los grafos generados por estos *softwares* permiten la visualización de las relaciones asociativas entre los vocablos disponibles establecidas en el lexicón mental, lo cual las hace más comprensibles. Esta propiedad de los programas resulta muy útil para los investigadores que examinan el léxico disponible desde una perspectiva psicolingüística. En efecto, la representación visual de los resultados de estudios

de este tipo a través de grafos puede enriquecer y complementar el análisis del léxico disponible, permitiendo la realización de análisis más rigurosos y transparentes. Asimismo, se ha subrayado la colaboración fructífera entre las ciencias cognitivas, la lingüística y la informática, que puede ofrecer nuevas posibilidades a los investigadores y abrir nuevas líneas de investigación con resultados espectaculares que ya hemos empezado a presenciar durante los últimos años gracias a la Inteligencia Artificial.

Asimismo, se ha explorado el potencial pedagógico de estas herramientas en la enseñanza del vocabulario en LE, destacando su utilidad para mejorar la metacognición de los estudiantes, facilitar la retención léxica y optimizar la intervención didáctica de los docentes. A través del análisis de redes léxicas, es posible adaptar la enseñanza a las necesidades específicas de los aprendices, promoviendo un aprendizaje más personalizado y eficaz.

Por último, se ha reflexionado sobre las aplicaciones futuras del uso de grafos léxicos en la enseñanza de LE. El avance de la Inteligencia Artificial y el Procesamiento del Lenguaje Natural abre nuevas posibilidades para la personalización del aprendizaje mediante el desarrollo de herramientas interactivas y sistemas de evaluación en tiempo real.

En conclusión, el uso de los programas *Dispografo*, *Gephi* y *Lexpro* no solo aporta avances significativos en la investigación psicolingüística, sino que también representa una vía prometedora para la innovación educativa en la enseñanza de LE. La integración de estas tecnologías en el aula permitirá un análisis más preciso de la organización léxica de los estudiantes, optimizando tanto su aprendizaje como el desarrollo de estrategias de enseñanza más efectivas.

FINANCIACIÓN

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i Referencia: PID2022-137337NB-C21, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER/UE del que es miembro la segunda autora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustín Llach, M. P. & Palapanidi, K. (2024). Apples, tomatoes, and health: comparison of structural characteristics of the L1 and L2 mental lexicons. *Applied Psycholinguistics*, 45(5), 873-896. <https://doi.org/10.1017/S0142716424000328>
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune and Stratton.
- Ávila Muñoz, A. M. & Sánchez Sáez, J. M. (2010). La disponibilidad léxica. Antecedentes y fundamentos. En A. M. Ávila Muñoz & J. A. Villena Ponsoda (eds.), *Variación social del léxico disponible en la ciudad de Málaga: diccionarios y análisis* (pp. 37-81). Editorial Sarriá.
- Ávila Muñoz, A. M. & Sánchez Sáez, J. M. (2011). La posición de los vocablos en el cálculo del índice de disponibilidad léxica: Procesos de reentrada en las listas del léxico disponible de la ciudad de Málaga. *ELUA. Estudios de Lingüística. Universidad de Alicante*, 25, 45-74. <https://doi.org/10.14198/ELUA2011.25.02>
- Ávila Muñoz, A. M., Sánchez Sáez, J. M. & Odishelidze, N. (2021). Dispocen. Mucho más que un programa para el cálculo de la disponibilidad léxica. *ELUA. Estudios de Lingüística. Universidad de Alicante*, 35, 9-36. <https://doi.org/10.14198/ELUA2021.35.1>
- Bartol Hernández, J. A. (2006). La disponibilidad léxica. *Revista Española de Lingüística*, 36, 379-384.
- Blanco Correa, O. E., Salcedo Lagos, P. & Kotz Grabole, G. E. (2020). Análisis del léxico de las emociones: una aproximación desde la disponibilidad léxica y la teoría de los grafos léxicos. *Lingüística & Literatura*, 41(78), 55-83. <https://doi.org/10.17533/udea.lyl.n78a03>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. & Freeman, L. C. (2002). *UCINET for Windows: Software for Social Network Analysis*. Analytic Technologies.
- Borge-Holthoefer, J. & Arenas, A. (2010). Semantic networks: Structure and dynamics. *Entropy*, 12(5), 1264-1302. <https://doi.org/10.3390/e12051264>
- Borodkin, K., Kenett, Y. N., Faust, M. & Mashal, N. (2016). When pumpkin is closer to onion than to squash: The structure of the second language lexicon. *Cognition*, 156, 60-70. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.07.014>
- Caggiula, S. (2013). *El español como lengua extranjera: un estudio de disponibilidad léxica y su aplicación a la enseñanza*. Lulu Press.
- Callealta Barroso, F. J. & Gallego Gallego, D. J. (2016). Medidas de disponibilidad léxica: Comparabilidad y normalización. *Boletín de filología*, 51(1), 39-92. <https://doi.org/10.4067/S0718-93032016000100002>
- Carcedo González, A. (1998). Sobre las pruebas de disponibilidad léxica para estudiantes de español/LE. *RILCE. Revista de Filología Hispánica*, 14(2), 205-224. <https://doi.org/10.15581/008.14.26972>
- Cherven, K. (2015). *Mastering Gephi network visualization: produce advanced network graphs in Gephi and gain valuable insights into your network datasets*. Packt Publishing.

- Christensen, A. P., & Kenett, Y. N. (2021). Semantic Network Analysis (SNA): Towards a New Framework for the Study of Semantic Memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(2), 409–433.
- Collins, A. & Loftus, E. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407-428. <http://dx.doi.org/10.1037//0033-295X.82.6.407>
- Collins, A. & Quillian, R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 8, 240-247. [https://doi.org/10.1016/s0022-5371\(69\)80069-1](https://doi.org/10.1016/s0022-5371(69)80069-1)
- Echeverría, M. S. (1991). Crecimiento de la disponibilidad léxica en estudiantes chilenos de nivel básico y medio. En H. López Morales (ed.), *La enseñanza del español como lengua materna. Actas del II Seminario sobre Aportes de la lingüística a la enseñanza del español como lengua materna* (pp. 61-78). Universidad de Puerto Rico.
- Echeverría, M. S., Urzúa, P. & I. Figueroa (2006). Dispogen. Programa computacional para el análisis de la disponibilidad léxica [software]. Universidad de Concepción.
- Echeverría, M. S., Vargas, R., Urzúa, P. & Ferreira, R. (2008). DispoGrafo: Una nueva herramienta computacional para el análisis de relaciones semánticas en el léxico disponible. *Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*, 46(1), 81-91. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48832008000100005>
- Feng, X. & Liu, J. (2021). The structure of L2 lexical-semantic networks as seen from a social network perspective. *IRAL. International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 61(3). <https://doi.org/10.1515/iral-2020-0181>
- Feng, X. & Liu, J. (2023). The developmental trajectories of L2 lexical-semantic networks. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01621-1>
- Ferreira, R. & Echeverría, M. S. (2010). Redes semánticas en el léxico disponible de inglés L1 e inglés LE. *Onomázein*, 21, 133-153. <https://doi.org/10.7764/onomazein.21.05>
- Fitzpatrick, T. (2006). Habits and rabbits: Word associations and the L2 lexicon. *EUROSLA Yearbook*, 6, 121-145. <https://doi.org/10.1075/eurosla.6.09fit>
- Fitzpatrick, T. (2007). Word association patterns: Unpacking the assumptions. *International Journal of Applied Linguistics*, 17, 319-331. <https://doi.org/10.1111/j.1473-4192.2007.00172.x>
- Gómez Molina, J. R. (2009). Una aplicación psicolingüística de la disponibilidad léxica: la categoría nocional ‘animales’. En M. Veyrat Rigat & E. Serra Alegre (eds.), *La Lingüística como reto epistemológico y como acción social. Estudios dedicados al profesor Ángel López* (pp. 1047-1060). Arco Libros.
- Gougenheim, G., Michéa, R., Sauvegeot, A. (1964). *L'élaboration du français élémentaire (I Degré). Étude sur l'établissement d'un vocabulaire et d'une grammaire de base, nueva edición refundada y argumentada*. Didier.
- Gudmundson, A. (2020). The mental lexicon of multilingual adult learners of Italian L3: A study of word association behavior and cross-lingual semantic priming. En C. Bardel &

- L. Sánchez (eds.), *Third Language Acquisition. Age, proficiency and multilingualism* (pp. 67-109). Language Science Press.
- Guerra Salas, L., Gómez Sánchez, M. E. & Basterrechea Salido, M. (2015). Cuantificación y representación de las asociaciones léxicas en las listas de disponibilidad: el índice de contigüidad de los vocablos. *Lingüística Española Actual*, 37(2), 265-277.
- Gutiérrez Zurita, F. (2008). *Disponibilidad léxica en computación, geometría, álgebra, aritmética en alumnos pertenecientes a Educación municipal, subvencionada y particular* [Tesis doctoral no publicada]. Universidad de Concepción.
- Henríquez Guarín, M. C., Mahecha Mahecha, V. & Matéus Ferro, G. E. (2016). Análisis de los mecanismos cognitivos del léxico disponible de cuerpo humano a través de grafos. *Lingüística & Literatura*, 69, 229-251. <https://doi.org/10.17533/udea.lyl.n69a10>
- Hernández Muñoz, N. & López García, M. (2014). Análisis de las relaciones semánticas a través de una tarea de libre asociación en español con mapas auto-organizados. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 52(2), 189-216. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48832014000200009>
- Hernández Muñoz, N., Tomé Cornejo, C., López García, M. & Bartol Hernández, J. A. (2023). *Manual de LexPro*. <https://dispogram.usal.es/>
- Jiménez Catalán, R. M., Agustín Llach, M. P., Fernández Fontecha, A. & Canga Alonso, A. (2014). The effect of age on EFL learners' lexical availability: Word responses to cue words 'town' and 'countryside'. En R. M. Jiménez Catalán (ed.), *Lexical Availability in English and Spanish as a Second Language* (pp. 37-53). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7158-1_3
- Lehmann, F. (1992). Semantic networks. *Computer & Mathematics with Applications*, 23(2-5), 1-50. [https://doi.org/10.1016/0898-1221\(92\)90135-5](https://doi.org/10.1016/0898-1221(92)90135-5)
- Levelt, W. (1999). Models of word production. *Trends in cognitive science*, 3(6), 223-232. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)001319-4](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)001319-4)
- Levelt, W. (2001). Spoken word production: a theory of lexical access. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences* 98(23), 13464-13471. <https://doi.org/10.1073/pnas.231459498>
- Levelt, W., Roelofs, A. & Meyer, A. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioural and Brain Sciences*, 22, 1-75. <https://doi.org/10.1017/S0140525X99001776>
- Li, J., Jiang, H., Shang, A. & Chen, J. (2021). Research on associative learning mechanisms of L2 learners based on complex network theory. *Computer Assisted Language Learning*, 34(5-6), 637-662. <https://doi.org/10.1080/09588221.2019.1633356>
- López Chávez, J. & Strassburger Frías, C. (1991). Un modelo para el cálculo del índice de disponibilidad léxica individual. En H. López Morales (ed.), *La enseñanza del español como lengua materna: actas del II Seminario Internacional sobre Aportes de la Lingüística a la Enseñanza del Español como Lengua Materna* (pp. 91-112). Editorial de la Universidad de Puerto Rico.

- López González, A. M. (2010). La evaluación del desarrollo de la competencia léxica en L2 por medio de la disponibilidad léxica. *redELE: Revista Electrónica de Didáctica ELE*, 18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3188452>
- López Morales, H. (1995). Los estudios de disponibilidad léxica: pasado y presente. *Boletín de Filología*, 35(1), 245–259. <https://boletinfilologia.uchile.cl/index.php/BDF/article/view/19231>
- Mahecha Mahecha, V. & Mateus Ferro, G. E. (2017). El léxico disponible y sus mecanismos de asociación: un análisis con grafos. F. del Barrio de la Rosa (ed.), *Palabras. Vocabulario. Léxico. La lexicología aplicada a la didáctica y a la diacronía*, (pp. 123-142). Edizioni Ca Foscari. https://edizionicafoscari.unive.it/media/pdf/books/978-88-6969-170-6/978-88-6969-170-6-ch-08_cw6Wgwn.pdf
- Manjón-Cabeza Cruz, A. (2008). Redes semánticas naturales en escolares de 5 a 16 años: los colores. *Docencia e Investigación*, 33, 127-146.
- Manjón-Cabeza Cruz, A. (2024). Determinación de asociaciones léxicas. Evaluación de tres métodos. *Lingüística en la Red*, XXI, 1-16. <https://doi.org/10.37536/linred.2024.XXI.2467>
- Mateus Ferro, G. E. & Mahecha Mahecha, V. (2020). Tipología de mecanismos cognitivos y lingüísticos que caracterizan el léxico disponible. *Círculo de Lingüística Aplicada a la Comunicación*, 82, 165-178. <https://doi.org/10.5209/clac.68971>
- Meara, P. (1983). Word associations in a foreign language. *Nottingham Linguistic Circular*, 11, 28-38. <https://www.lognostics.co.uk/vlibrary/meara1983.pdf>
- Michéa, R. (1953). Mots fréquents et mots disponibles. Un aspect nouveau de la statistique du langage. *Les Langues Modernes*, 47, 338-344.
- Morais, A. S., Olsson, H. & Schooler, L. (2013). Mapping the Structure of Semantic Memory. *Cognitive Science*, 37(1), 125-145. <https://doi.org/10.1111/cogs.12013>
- Nation, I. S. P. (2022). *Learning vocabulary in another language* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009093873>
- Paredes García, F. (2012). Desarrollos teóricos y metodológicos recientes de los estudios de disponibilidad léxica. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada*, 11(6), 78-100. <https://doi.org/10.26378/rnlael611177>
- Precosky, K. (2011). *Exploring the mental lexicon using word association tests: How do native and non-native speakers of English arrange words in the mind?* [Tesis Doctoral no publicada]. University of Birmingham.
- Rodríguez Paniagua, L. R. (2011). Mapas conceptuales para la enseñanza de léxico en el aula ELE: software de uso y directrices generales. En J. Sánchez González (ed.) *Actas del III Taller La enseñanza de ELE en Argelia: Historia, Metodología y Sociolingüística* (pp. 116-125). Instituto Cervantes de Orán.
- Saavedra, C., Limachi, I., Boj, E., González, Y., Corona, B. & Geppert, S. (2021). *Introducción al análisis de redes sociales a través del programa Gephi*. GIZ.
- Salcedo Lagos, P., Kroyer, O. N. & Zapata, C. A. (2012). Análisis de relaciones semánticas del léxico disponible en Matemáticas en un hipermedio adaptivo. En J. Sánchez

- (ed.) *Nuevas ideas en Informática Educativa. Memorias del XVII Congreso Internacional de Informática Educativa* (pp. 160-164). TISE. <https://www.tise.cl/volumen8/TISE2012/23.pdf>
- Salcedo L., P., Ferreira C., A. & Barrientos, C., F. (2013). A Bayesian Model for Lexical Availability of Chilean High School Students in Mathematics. En J. M. Ferrández Vicente, J. R. Álvarez Sánchez, F. de la Paz López & F. J. Toledo Moreo (eds.), *Natural and Artificial Models in Computation and Biology. IWINAC 2013. Lecture Notes in Computer Science*. Vol 7930. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38637-4_25
- Sánchez-Saus Laserna, M. (2016). *Léxico disponible de los estudiantes de español como lengua extranjera en las universidades andaluzas*. Universidad de Sevilla.
- Sánchez-Saus Laserna, M. (2022). Redes semánticas, léxico disponible y didáctica del vocabulario en ELE: un análisis por niveles de español. *Tejuelo*, 35(3), 167-204. <https://doi.org/10.17398/1988-8430.35.3.167>
- Sánchez-Saus Laserna, M. & Álvarez Torres, V. (2024). Influencia de los contextos de aprendizaje en el lexicón mental: productividad léxica y redes semánticas en estudiantes de ELE. *Revista de Lingüística y Lenguas Aplicadas*, 19, 204-217. <https://doi.org/10.4995/rlyla.2024.20741>
- Saracho Anráiz, M. (2019-2020). Mapas conceptuales para la enseñanza-aprendizaje de fraseología en español lengua extranjera. *Linred: Lingüística en la red*, 17. <https://doi.org/10.37536/LINRED.2020.XVII.21>
- Shannon, P., Markiel, A., Ozier, O., Baliga, N. S., Wang, J. T., Ramage, D., Amin, N., Zichowski, B. & Ideker, T. (2003). *Cytoscape: A software environment for integrated models of biomolecular interaction networks*. *Genome Research*, 13(11), 2498-2504. <https://doi.org/10.1101/gr.1239303>
- Šifrar Kalan, M. (2014). Disponibilidad léxica en diferentes niveles de español/lengua extranjera. *Studia Romanica Posnaniensia*, 41(1), 63-84. <http://dx.doi.org/10.14746/strop.2014.411.005>
- Steyvers, M. & Tenenbaum, J. (2005). The Large-Scale Structure of Semantic Networks: Statistical Analyses and a Model of Semantic Growth. *Cognitive Science*, 29, 41-78. https://doi.org/10.1207/s15516709cog2901_3
- Tomé Cornejo, C. (2015). *Léxico disponible. Procesamiento y aplicación a la enseñanza de ELE* [Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca]. Repositorio documental Gredos. <http://hdl.handle.net/10366/128287>
- Valenzuela Castellanos, M., Pérez Villalobos, V., Bustos, C. & Salcedo Lagos, P. (2018). Cambios en el concepto aprendizaje de estudiantes de pedagogía: análisis de disponibilidad léxica y grafos. *Estudios filológicos*, 61, 143-173. <https://doi.org/10.4067/S0071-17132018000100143>
- Verdeses-Mirabal, R. T. (2011). *Disponibilidad léxica y lenguas en contacto en Redwood City, California* [Tesis Doctoral. Universidad Antonio de Nebrija]. Tesis doctorales: TESEO. <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=942468>

- Vitevitch, M. (2008). What Can Graph Theory Tell Us About Word Learning and Lexical Retrieval? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(2), 408-422. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/030\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/030))
- Wolter, B. (2001). Comparing the L1 and the L2 mental lexicon: A depth of individual word knowledge model. *Studies in Second Language Acquisition*, 23(1), 41-69. <http://dx.doi.org/10.1017/S0272263101001024>
- Zambrano, C. & Agustín Llach, M. P. (2023). Un estudio de disponibilidad léxica asociado a las áreas de aprendizaje y motivación por el aprendizaje. *Lengua y sociedad. Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*, 22(2), 473-492. <https://doi.org/10.15381/lengsoc.v22i2.23855>
- Zareva, A. (2007). Structure of the second language mental lexicon: How does it compare to native speakers' lexical organization? *Second Language Research*, 23(2), 123-153. <https://doi.org/10.1177/0267658307076543>
- Zavala Álvarez, G. C., Andrade-Guzmán, T. E., Borja-Moscoso, K. T., Mena-Ramírez, W. R. & Espinoza-Molina, N. D. (2018). Retención del léxico en la memoria a largo plazo: una aproximación al aprendizaje cognitivo del inglés para hispanohablantes. *Olimpia. Revista de la Facultad de Cultura Física de la Universidad de Granma*, 15(47), 80-89.