



Vol. 15 No. 3

Septiembre de 2012

# SIMULACIÓN DE LA COMPRENSIÓN DE TEXTOS NATURALES: IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO “LANDSCAPE” EN UNA FÁBULA EN ESPAÑOL

Jazmín Yomha Cevasco<sup>1</sup>, Juan Pablo Barreyro<sup>2</sup>, Susana Bechis<sup>3</sup> y Carlos Molinari Marotto<sup>4</sup>

Facultad de Psicología  
Universidad de Buenos Aires

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue presentar la implementación del modelo computacional *Landscape* en un texto narrativo natural en español. El *Landscape* es un modelo conexionista que concibe la comprensión como un cambiante “paisaje” de activaciones de proposiciones durante los sucesivos ciclos de lectura. Los picos y valles del paisaje representan la participación relativa de cada proposición en cualquier punto de la historia, y constituyen la base para la representación de ésta. A partir de que el investigador fija sus criterios acerca de qué inferencias son generadas durante la lectura, el programa calcula una matriz de activación *on-line* y una matriz de aprendizaje *off-line*. Esta última cuantifica la fuerza de nodo de cada proposición, y el peso de las conexiones entre cada par de proposiciones. Dado que el estudio de la comprensión de

<sup>1</sup> Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: [jazmincevasco@psi.uba.ar](mailto:jazmincevasco@psi.uba.ar)

<sup>2</sup> Investigador Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: [jpbarrey@psi.uba.ar](mailto:jpbarrey@psi.uba.ar)

<sup>3</sup> Profesora de la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: [susanabechis@fibertel.com.ar](mailto:susanabechis@fibertel.com.ar)

<sup>4</sup> Profesor Adjunto de la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: [cmolinari@fibertel.com.ar](mailto:cmolinari@fibertel.com.ar)

textos ha tendido a llevarse a cabo utilizando textos artificiales en inglés como materiales, nos propusimos describir los pasos necesarios para implementar el modelo *Landscape* en un texto natural en español, a fin de abogar por la utilidad de este modelo para examinar los procesos cognitivos involucrados en la comprensión de textos que no han sido diseñados por los investigadores.

**Palabras clave:** Simulación, Modelo Computacional Landscape, Textos Naturales.

## SIMULATION OF THE COMPREHENSION OF NATURAL TEXTS: IMPLEMENTATION OF THE LANDSCAPE MODEL IN A SPANISH FABLE

### ABSTRACT

The purpose of this article was to present the implementation of the Landscape Computational Model in a Spanish natural text. The Landscape Model is a connectionist model that represents comprehension as a changing '*landscape*' of activations of propositions along several reading cycles. The peaks and valleys of this landscape represent the relative contribution of each proposition at any given point in the story, and are the base for the construction of a mental representation for the story. Once the researcher sets the criteria for what inferences are generated during reading, the program calculates an on-line matrix and an off-line matrix. The latter establishes the node strength of each proposition, and the connection strength of each pair of propositions. Given that studies in text comprehension have tended to use artificial texts written in English as materials, our purpose was to describe the implementation of the Landscape Model in a Spanish natural text, in order to advocate for the relevance of this model to study the cognitive processes involved in the comprehension of texts that have not been created by the researchers.

**Key words:** Simulation, Landscape Computational Model, Natural Texts

La comprensión de textos es una de las más complejas actividades cognitivas humanas, y supone la construcción de una representación coherente del discurso en memoria episódica (Kendeou y van den Broek, 2005, 2007; Kintsch, 1998; Rapp y van den Broek, 2005; Rapp, van den Broek y Kendeou, 2005; van den Broek, Virtue, Everson, Tzeng, y Sung, 2002). La construcción de

esta representación requiere que el lector establezca vínculos entre la información explícitamente mencionada en el texto e información proveniente de su conocimiento previo, a través de la generación de inferencias (Graesser, Singer y Trabasso, 1994; Sundermeier, van den Broek y Zwaan, 2005; van den Broek, 1990; 1994).

Un modo de estudiar los procesos involucrados en la comprensión del discurso es a través de la realización de simulaciones por medio de programas computacionales. Estos programas constituyen minuciosas descripciones funcionales que especifican las relaciones entre los procesos que operan durante la comprensión, a partir de la consideración de los resultados de un amplio cuerpo de investigaciones previas. Entre ellos, el modelo *Landscape* (van den Broek, Ridsen, Fletcher, y Thurlow, 1996; van den Broek, Young, Tzeng, y Linderholm, 1999) permite comparar teorías que difieren entre sí en algún aspecto, a partir de contrastar las predicciones hechas por distintos modelos con los datos conductuales. Es decir, permite comparar las respuestas generadas por el programa cuando simula un proceso cognitivo con arreglo a una u otra alternativa teórica de procesamiento con respuestas generadas por sujetos humanos. De este modo, el modelo computacional constituye una plataforma de prueba de alternativas teóricas acerca de algún aspecto de la comprensión.

El objetivo del presente trabajo es presentar la implementación del modelo computacional conexionista *Landscape* en un texto narrativo natural en lengua española (la fábula de Esopo 'El labrador y el águila'). La implementación de modelos computacionales en textos naturales es importante, dado que se ha propuesto que el material textual especialmente confeccionado para experimentos, y dado que debe satisfacer numerosas restricciones de control experimental, puede sufrir un detrimento en cuanto a interés y coherencia, corriéndose el riesgo de que el lector no llegue a construir una representación del discurso (Graesser, Magliano y Haberlandt, 1994). Aunque la objeción no apunta a invalidar la investigación que se vale de breves historias experimentales, se advierte que estos textos pueden llegar a ser carentes de sentido. La alternativa es no limitar los estudios a textos de esta clase, y abrir líneas de investigación que aborden

también los textos naturales. Estos pueden no ser indicados para determinados experimentos, pues por definición no son manipulables, pero no deben ser dejados de lado en la medida en que se prestan para variados estudios de naturaleza predictiva y correlacional. Por lo demás, se ajustan a la aspiración a una mayor validez ecológica, entendida como el intento de crear condiciones experimentales lo más semejantes posible al contexto natural en el que se desarrollan y despliegan las conductas motivo de estudio.

A continuación, presentaremos el modelo computacional Landscape, y luego describiremos los pasos necesarios para llevar a cabo su implementación en una fábula en español.

#### EL MODELO "LANDSCAPE"

El modelo *Landscape* presenta una arquitectura de tipo conexionista. Es decir, se vale de unidades cognitivas elementales (por ejemplo, proposiciones), y conexiones entre ellas para simular la comprensión. La activación de las unidades va variando a medida que avanza la lectura, y entre ellas se van estableciendo conexiones cuyo peso (fuerza de cada conexión) también va variando. Al finalizar la lectura, cada una de esas unidades (que en conjunto forman una representación en forma de red) tiene determinada fuerza de nodo, y cada par de unidades tiene determinado peso de conexión (que puede ser cero o más). Es decir, la representación no se forma súbitamente al finalizar la lectura, sino que se va construyendo a lo largo de ella. En términos conexionistas, la representación producto de la comprensión ha sido aprendida paso a paso, aprendizaje que culmina en una red de conexiones de pesos diversos entre nodos de fuerza diversa.

Un paisaje de activaciones.

Las unidades en el modelo *Landscape* pueden ser proposiciones, las cuales constituyen unidades mínimas de significado, y a su vez de procesamiento del texto. Las proposiciones ingresan al modelo en ciclos de lectura, también denominados ciclos de procesamiento. El contenido de cada ciclo constituye la

información nueva en memoria de trabajo, y debe determinarse previamente. Si se trata de una oración simple, el contenido nuevo coincidirá en general con una proposición; si se trata de oraciones compuestas, el contenido nuevo consistirá en más de una proposición.

En cada ciclo de lectura hay cuatro fuentes potenciales de activación: 1) la oración que se está procesando, 2) el ciclo de lectura inmediatamente anterior, 3) el restablecimiento de una o más proposiciones de ciclos previos, y 4) proposiciones provenientes del conocimiento general del lector. La primera fuente de activación consiste en las proposiciones que forman parte de la oración que se está procesando. Es decir, las explícitamente mencionadas en cada ciclo de lectura. Éstas son las que tienen el nivel máximo de activación. La segunda fuente de activación está compuesta por las proposiciones del ciclo inmediatamente anterior. Éstas tienen cierto traspaso de activación al ciclo actual, dado que las activaciones declinan a cero de manera asintótica. La reactivación de proposiciones pertenecientes a ciclos de lectura previos, así como la recuperación de proposiciones del conocimiento general del lector reflejan la generación de inferencias. En el caso de la reactivación de proposiciones procesadas en ciclos previos, se trata de *inferencias de restablecimiento* (van den Broek, 1990; 1994). Es decir, de inferencias que implican la reactivación de información del texto previo a fin de obtener explicación causal suficiente para la oración que está procesando el lector, en el caso de que ésta no pueda obtenerse a partir de las proposiciones que pertenecen al ciclo de lectura inmediatamente anterior. Si ninguna de las proposiciones pertenecientes al texto brinda explicación suficiente para comprender las causas de los eventos descritos, el lector recupera proposiciones de su conocimiento general. De este modo, genera *inferencias de elaboración* (van den Broek, 1990; 1994). La activación de las distintas fuentes mencionadas determina que la activación de las proposiciones fluctúe constantemente a medida que la lectura avanza. En otras palabras, en cada ciclo se activan nuevas proposiciones, otras mantienen o recuperan activación y otras son desplazadas del foco de atención del lector. Considerando simultáneamente

los “picos” y “valles” de activación de cada proposición a lo largo de los ciclos de lectura, se obtiene un “paisaje” de activaciones, que da nombre al modelo.

Otra característica distintiva del modelo *Landscape* es la activación de cohorte. Es decir, cuando una proposición es activada, otras que están conectadas con ella reciben también cierta activación. El monto de activación de cada una de las proposiciones secundariamente activadas es una función de la fuerza de su relación con la proposición primariamente activada, y del monto de activación actual de esta última. Además, un parámetro de activación de cohorte modula el alcance de la transferencia de activación de una proposición a su cohorte (el valor más apropiado de este parámetro fue determinado en una serie de estudios de validación realizados por Tzeng, 1999). Es importante señalar que la cohorte de una proposición en un punto determinado del texto difiere de su cohorte en otro momento, así como difiere también la activación transmitida a la cohorte. Es decir, así como las activaciones de cada nuevo ciclo van determinando la emergencia de la representación, la representación emergente con sus conexiones ya establecidas hasta el momento va a su vez modulando las activaciones de cada nuevo ciclo.

#### Valores de Activación.

Los valores de activación han sido fijados entre 0 y 5. Estos valores son arbitrarios, dado que lo importante es la activación diferencial de las proposiciones en los distintos ciclos de lectura.

Pueden distinguirse tres fases de la simulación de la comprensión mediante el modelo *Landscape*. La primera corresponde a la determinación de los valores de *input* para cada proposición, sobre la base del análisis de la estructura textual. El valor específico asignado puede variar según la teoría de generación de inferencias que se adopte, y de hecho el modelo *Landscape* ha sido empleado para comparar algunas alternativas teóricas al respecto. Así, Risdén (1996) implementó y comparó diversas teorías de generación de inferencias: construccionista (Graesser, Singer y Trabasso, 1994), minimalista (McKoon y Ratcliff, 1992) y causal–referencial (van den Broek, Risdén y Husebye-Hartmann,

1995). Esta última fue la mejor predictora de los resultados de medidas conductuales *on-line* y *off-line*. La teoría causal-referencial supone que el lector intenta obtener coherencia referencial y causal a medida que avanza a través del texto, y será la teoría adoptada para llevar a cabo la simulación que describiremos a continuación. La coherencia referencial se obtiene cuando el lector puede identificar el referente para los objetos y personas que forman parte de la oración que está leyendo (Gernsbacher, 1990; Kintsch y van Dijk, 1978; O'Brien, 1987). Por ejemplo, para comprender el par de oraciones '*La mujer dio al camarero 10 pesos. Él regresó a darle el vuelto a ella*', el lector debe reconocer que '*él*' se refiere a '*el camarero*', y '*ella*' a '*la mujer*' (van den Broek et al., 1996). La coherencia causal se obtiene cuando el lector puede encontrar explicación causal suficiente para los eventos descritos en la oración que está leyendo. Por ejemplo, para comprender la conexión causal entre las oraciones del ejemplo descrito, el lector debe inferir que la mujer dio demasiado dinero al camarero, y por eso él le trajo el vuelto (Trabasso y van den Broek, 1985; van den Broek, 1990). En la segunda fase, el modelo procesa ciclo por ciclo esos valores de *input* y produce vectores de activación que incluyen la activación de cohorte. En la tercera fase, también ciclo por ciclo, el modelo va estableciendo y actualizando las conexiones de la emergente red interconectada. Las fases segunda y tercera interactúan entre sí a medida que se van computando los valores de *input* iniciales. El output del modelo son dos matrices, una de las cuales contiene los valores de activación *on-line* (que constituyen el "paisaje" de activaciones propiamente dicho), y la otra las conexiones *off-line* entre nodos que constituye la representación de memoria episódica aprendida durante la lectura (es decir, el resultado final de la comprensión).

Estudios acerca del Landscape.

Estudios previos han aplicado el *Landscape* al estudio de la comprensión. van den Broek, Risdén et al. (1996) compararon las predicciones que realiza el modelo que contempla la generación de inferencias causales y referenciales (van den Broek, Risdén y Husebye - Hartmann, 1995) acerca de la activación de

conceptos online, con los puntajes de activación provistos por un grupo de lectores. Es decir, se pidió a un grupo de participantes que leyeran una narrativa en inglés, y estimaran cuán activo pensaban que se encontraba cada concepto luego de la lectura de cada oración. Se encontró una correlación alta entre las predicciones del modelo y las estimaciones de los sujetos. Los conceptos que eran más recordados, y recordados primeramente eran los que tenían las fuerzas de nodo más elevadas, y los que tenían conexiones con éstos. En cuanto a la comprensión de textos expositivos, se encontró a su vez que las proposiciones que tenían las más elevadas fuerzas de nodo eran las más recordadas (van den Broek, Kendeou, Sung, y Cheng, 2003; van den Broek et al., 2002). La detección de inconsistencias o contradicciones en el texto también ha sido estudiada a través del Landscape (Linderholm, Virtue, Tzeng, y van den Broek, 2004, van den Broek et al., 1999), observándose que la probabilidad de que un lector detectara la contradicción entre información dada inicialmente e información dada posteriormente dependía de la activación que hubiera recibido la información inicial, la fuerza de sus conexiones con otros conceptos del texto, y la superposición semántica entre la información inicial y la información posterior. Los propósitos de lectura (*estudio- entretenimiento*) también fueron examinados a través de la realización de simulaciones alternativas (Linderholm et al., 2004). Se observó que la simulación que contemplaba el propósito de *estudio* resultaba en una mayor activación general de los conceptos que formaban parte del texto que la simulación que contemplaba el propósito de *entretenimiento*. En especial, las ideas principales del texto recibieron más activación en la simulación de *estudio*. La comparación de estas simulaciones con los datos conductuales mostró que las predicciones del modelo capturaban correctamente los procesos inferenciales de los lectores en función de sus propósitos para leer el texto.

#### IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO “LANDSCAPE” EN UN TEXTO NARRATIVO NATURAL EN ESPAÑOL.

El texto utilizado para llevar a cabo la simulación es una de las fábulas de

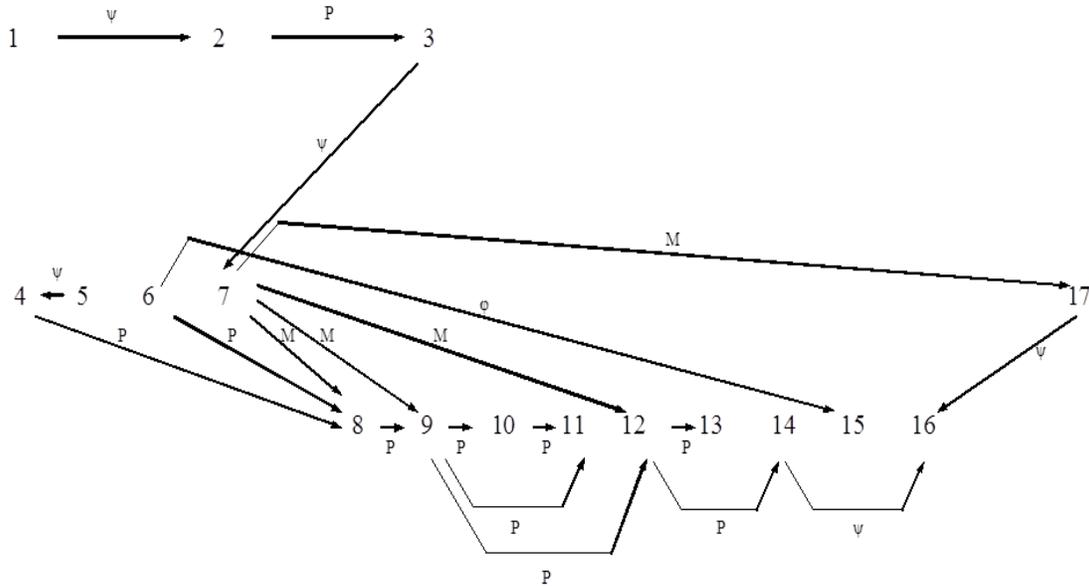
Esopo: *'El labrador y el Águila'*. Ésta consta de siete oraciones y 17 proposiciones (ver Apéndices A y B). Como ya se mencionó, la implementación se lleva a cabo en tres fases: 1) Input, 2) Cálculo de activaciones de cohorte, y 3) Producto de la lectura (construcción de nodos y conexiones). A continuación, describiremos cada una de ellas en detalle en relación a la aplicación en la historia mencionada.

#### Fase 1: Input.

En esta fase se asigna un valor de activación para cada proposición en cada ciclo del texto a fin de que sea ingresada en el programa como matriz de input. El modelo que se utilizó para asignar los valores de activación fue el modelo de Red Causal (Trabasso, Secco y van den Broek, 1984; Trabasso y Sperry, 1985; Trabasso, y van den Broek, 1985; Trabasso, van den Broek y Suh, 1989), el cual se basa en la teoría causal-referencial descrita previamente. Este modelo propone que el lector utiliza los estándares de coherencia referencial y causal cuando procesa un texto. Propone asimismo que la estructura causal de una historia se asemeja a una red, en la que los acontecimientos resultan de una combinación de antecedentes causales, y tienen asimismo múltiples consecuencias. La existencia de una conexión causal se establece a partir de una serie de criterios. Una causa debe ser siempre temporalmente previa a la consecuencia. Una causa debe estar operante o activa cuando ocurre la consecuencia. Y, una causa debe ser necesaria para la ocurrencia de la consecuencia. Es decir, debe poder afirmarse que si la causa no hubiera ocurrido, la consecuencia tampoco hubiera ocurrido, dadas las circunstancias de la historia (Mackie, 1980). Si se determina que estos criterios se cumplen, se puede establecer que existe una conexión causal entre dos cláusulas u oraciones.

Los tipos de conexiones causales posibles son: motivación, causalidad física, causalidad psicológica, y posibilitación (Trabasso y Sperry, 1985). La motivación (M) implica conexiones causales entre metas y acciones llevadas a cabo para conseguirlas. La causalidad psicológica ( $\psi$ ) involucra estados mentales o reacciones psicológicas a partir de los eventos descritos en la historia (Trabasso et

al, 1989). La causalidad física ( $\varphi$ ) involucra cambios en los estados físicos de personas u objetos. La posibilitación (P) describe la relación entre un evento y una pre-condición necesaria para que ocurra, pero que no es suficiente para generarlo. El gráfico de las relaciones causales entre las proposiciones del texto utilizado puede encontrarse en la Figura 1.



**Figura 1.** Red causal para ‘El labrador y el águila’.

Las activaciones de *input* son las siguientes: 1) las nuevas proposiciones mencionadas en cada ciclo tienen una activación de 5 (máxima activación), 2) las proposiciones previas correferenciales con alguna nueva proposición (es decir, aquellas que comparten algún referente entre sí) son reactivadas con un valor de 4, 3) las proposiciones previas que tienen un vínculo causal con el contenido del ciclo actual son reactivadas con un valor de 4 si el vínculo es de motivación, causa psicológica o causa física, y con un valor de 3 si el vínculo es de mera posibilitación (ya que ésta es una forma más débil de causalidad), e 4) idénticos valores corresponden a las elaboraciones causales basadas en el conocimiento general, según el tipo de vínculo causal que tengan con el contenido del ciclo actual.

Los valores así ingresados conforman una matriz de *input*, que contiene tantas columnas como ciclos de lectura. En la fábula '*El labrador y el águila*', la matriz consiste en siete oraciones, por lo cual contiene siete columnas correspondientes a ciclos de lectura, y 17 proposiciones. Esta matriz puede observarse en la Tabla 1.

En esta matriz, vemos por ejemplo que la columna 1, correspondiente al primer ciclo de lectura o primera oración, contiene tres unidades activas (P1: '*Un labrador había atrapado un águila en una trampa*', P2: '*El labrador quedó admirado por la belleza del águila*', P3: '*El labrador liberó al águila*'), todas ellas por mención explícita. En cambio la columna 4, correspondiente al cuarto ciclo de lectura o cuarta oración, contiene cinco unidades activas, de las cuales dos son menciones explícitas (P8: '*El águila voló rápidamente hacia el labrador*' y P9: '*El águila arrebató con sus garras el sombrero al labrador*'), dos son activaciones debidas a vínculos de posibilitación con el contenido de este ciclo (P4: '*El águila vio al labrador el día siguiente*', y P6: '*El muro estaba a punto de derrumbarse sobre el labrador*') y una es activada debido a un vínculo de motivación con el contenido del cuarto ciclo (P7: '*El águila quiso retribuir al labrador*').

#### Fase 2: Cálculo de Activaciones de Cohorte.

La Tabla 2 muestra la matriz de activación para '*El labrador y el águila*', la cual contiene los vectores correspondientes a cada ciclo de lectura, resultantes de haber computado las activaciones de cohorte.

Los valores de la matriz de *input* y de la matriz de activación difieren, así como difiere la interpretación de los mismos. La matriz de *input* contiene valores resultantes del análisis causal de la estructura textual. En la matriz de activación, cada columna contiene el vector correspondiente al estado de la proposición en memoria de trabajo tras la lectura de cada oración. Se trata de un vector de tantas dimensiones como proposiciones contenga el texto en su totalidad. Los valores de esta matriz nunca son menores de los de la matriz de *input*, sino que contienen el agregado resultante de activación de cohorte, lo cual incluye traspaso de activaciones de un ciclo al siguiente. Cabe señalar que el cálculo del traspaso de

activación de un ciclo al siguiente, que simula el decaimiento de una proposición cuando no es reactivada en el siguiente ciclo, se efectúa a la manera de una activación de cohorte. Para ello, se considera que parte de la cohorte de una proposición es la propia proposición. Es decir, que la proposición se transmite activación a sí misma en el ciclo siguiente, en función de su activación en el ciclo anterior y de la fuerza de su autoconexión. La fuerza de la autoconexión de una proposición se denomina *fuerza de nodo*. Así, una proposición con una elevada fuerza de nodo en un momento dado es más probable que permanezca activada por más tiempo que una cuya fuerza de nodo es baja.

|            | Ciclo de lectura |   |   |   |   |   |   |
|------------|------------------|---|---|---|---|---|---|
|            | 1                | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <b>P01</b> | 5                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>P02</b> | 5                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>P03</b> | 5                | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>P04</b> | 0                | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| <b>P05</b> | 0                | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>P06</b> | 0                | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| <b>P07</b> | 0                | 0 | 5 | 4 | 0 | 4 | 4 |
| <b>P08</b> | 0                | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| <b>P09</b> | 0                | 0 | 0 | 5 | 3 | 3 | 0 |
| <b>P10</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| <b>P11</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| <b>P12</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| <b>P13</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| <b>P14</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| <b>P15</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| <b>P16</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| <b>P17</b> | 0                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |

**Tabla 1.** Matriz de input para 'El labrador y el águila'.

Dado que los cálculos de activaciones de cohorte dependen en todos los casos del estado de la red de proposiciones interconectadas tras cada ciclo, existe una interacción entre esta fase y la siguiente.

Esta matriz puede graficarse con el paisaje que muestra la Figura 2. En el eje vertical se representa el nivel de activación (entre 0 y 5). En uno de los ejes horizontales se disponen los ciclos de lectura, y en el otro las proposiciones contenidas en el texto. Una sección de un ciclo de lectura muestra qué proposiciones están activadas durante ese ciclo, mientras que una sección de una proposición muestra su historia de activación durante la lectura. Una sección en el plano vertical muestra qué proposiciones superaron determinado umbral de activación y cuándo lo superaron.

### Fase 3: Representación mental del texto en memoria episódica.

En el modelo *Landscape*, los vectores de activación construyen dinámica y gradualmente la representación a lo largo de los ciclos de lectura. En esta fase, la representación que el modelo predice que se construirá en memoria episódica surge de la construcción de conexiones basada en la coactivación de unidades en el ciclo anterior. Es decir, dos unidades que se activan conjuntamente establecen una conexión. Este es el mecanismo fundamental que relaciona las activaciones *on-line* con la construcción de la representación. De este proceso, resulta la fuerza de nodo de cada proposición. Esta fuerza indica el valor de activación de esa proposición en memoria episódica, y es el valor que se utiliza para comparar las predicciones del modelo teórico con los datos obtenidos con sujetos humanos (protocolos de recuerdo libre, respuesta a preguntas, etcétera). En la Tabla 3 puede observarse la fuerza de nodo de cada proposición de la fábula '*El labrador y el águila*'.

Una propiedad del modelo *Landscape* que se debe destacar es que una matriz como la de la Tabla 3 ha pasado por tantos estados distintos como ciclos de lectura, dado que la representación se actualiza durante cada ciclo. Es decir, en cada ciclo el nuevo vector de activaciones reestructura toda la representación. Proposiciones que fueron importantes en un ciclo pasan a un segundo plano en el

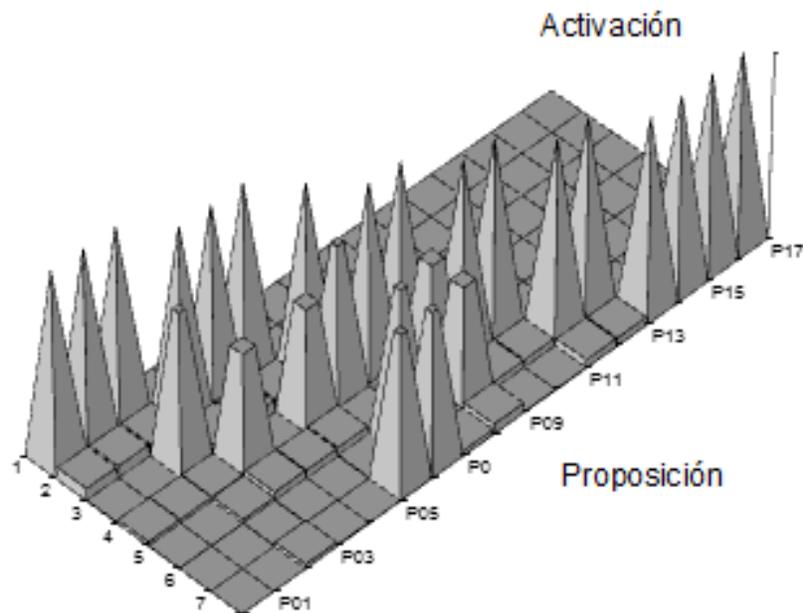
ciclo siguiente y viceversa. Es también destacable el hecho de que la representación en desarrollo afecta a su vez a los vectores de activación subsiguientes y, por ende, modula el impacto que el nuevo *input* tiene en la actualización de la representación. Esto implica que el efecto de la lectura de cada nueva oración depende de la historia de todas las proposiciones y sus conexiones en el curso de la lectura del texto precedente.

| Ciclo de lectura |   |      |      |      |      |      |      |
|------------------|---|------|------|------|------|------|------|
|                  | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| <b>P01</b>       | 5 | 0,28 | 0,02 | 0,1  | 0,01 | 0    | 0    |
| <b>P02</b>       | 5 | 0,28 | 0,02 | 0,1  | 0,01 | 0    | 0    |
| <b>P03</b>       | 5 | 0,28 | 4    | 0,07 | 0,07 | 0,01 | 0,06 |
| <b>P04</b>       | 0 | 5    | 0,28 | 3    | 0,21 | 0,03 | 0,03 |
| <b>P05</b>       | 0 | 5    | 0,28 | 0,02 | 0,17 | 0,01 | 0,01 |
| <b>P06</b>       | 0 | 5    | 0,28 | 3    | 0,21 | 0,03 | 4    |
| <b>P07</b>       | 0 | 0    | 5    | 4    | 0,13 | 4    | 4    |
| <b>P08</b>       | 0 | 0    | 0    | 5    | 0,2  | 0,08 | 0,13 |
| <b>P09</b>       | 0 | 0    | 0    | 5    | 3    | 3    | 0,24 |
| <b>P10</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 5    | 0,16 | 0,02 |
| <b>P11</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 5    | 0,16 | 0,02 |
| <b>P12</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    | 0,2  |
| <b>P13</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    | 0,2  |
| <b>P14</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    |
| <b>P15</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    |
| <b>P16</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    |
| <b>P17</b>       | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    |

**Tabla 2.** Matriz de activación para 'El labrador y el águila'.

| P01 | P02  | P03  | P04  | P05  | P06  | P07  | P08  | P09  | P10  | P11  | P12  | P13  | P14  | P15  | P16  | P17  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P01 | 1    | 1    | 1,01 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| P02 | 1    | 0,95 | 0,95 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| P03 | 0,95 | 0,95 | 1,54 | 0,11 | 0,1  | 0,12 | 0,82 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0    | 0    | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| P04 | 0,07 | 0,07 | 0,11 | 1,35 | 1,01 | 1,36 | 0,54 | 0,6  | 0,63 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| P05 | 0,06 | 0,06 | 0,1  | 1,01 | 0,95 | 0,95 | 0,06 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| P06 | 0,07 | 0,07 | 0,12 | 1,3  | 0,95 | 1,87 | 1,15 | 0,61 | 0,65 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,8  | 0,8  | 0,8  |
| P07 | 0,02 | 0,02 | 0,82 | 0,52 | 0,06 | 1,14 | 2,81 | 0,8  | 1,28 | 0,06 | 0,06 | 0,83 | 0,83 | 0,77 | 0,77 | 0,77 |
| P08 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,56 | 0,01 | 0,58 | 0,81 | 0,93 | 0,96 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| P09 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,57 | 0,03 | 0,61 | 1,26 | 0,96 | 1,58 | 0,62 | 0,62 | 0,58 | 0,58 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| P10 | 0    | 0    | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,62 | 0,98 | 0,98 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| P11 | 0    | 0    | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,6  | 0,98 | 0,93 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| P12 | 0    | 0    | 0    | 0,01 | 0    | 0,04 | 0,8  | 0,02 | 0,57 | 0,03 | 0,03 | 0,95 | 0,95 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| P13 | 0    | 0    | 0    | 0,01 | 0    | 0,04 | 0,77 | 0,02 | 0,55 | 0,03 | 0,03 | 0,95 | 0,9  | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| P14 | 0    | 0    | 0,01 | 0,01 | 0    | 0,76 | 0,76 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| P15 | 0    | 0    | 0,01 | 0,01 | 0    | 0,73 | 0,72 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,93 | 0,88 | 0,88 |
| P16 | 0    | 0    | 0,01 | 0,01 | 0    | 0,7  | 0,69 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,88 | 0,88 | 0,84 |
| P17 | 0    | 0    | 0,01 | 0,01 | 0    | 0,67 | 0,66 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,84 | 0,84 | 0,84 |

Tabla 3. Matriz de conexiones para 'El labrador y el águila'. (Las fuerzas de nodo de las proposiciones sombreadas en gris).



**Figura 2.** Paisaje de activaciones para 'El labrador y el águila'.

Una vez así implementada la simulación, es posible proceder a recolectar datos conductuales y comparar el ajuste de los mismos con las predicciones del modelo de que se trate.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue presentar la implementación del modelo computacional *Landscape* en una fábula en español, a fin de destacar su utilidad para estudiar la comprensión de textos naturales en español.

El modelo *Landscape* es un modelo conexionista que concibe la comprensión como la construcción gradual de una red interconectada de unidades (proposiciones) de fuerzas de nodo diversas, con pesos de conexión diversos. Esta representación en red constituye el resultado de un gradual aprendizaje a lo

largo de varios ciclos de lectura, durante los cuales diversas unidades son activadas repetidamente y en diversa medida. A través de estos ciclos, la red va aprendiendo que en el texto algunas proposiciones son más importantes o nucleares que otras. Por ejemplo, a partir de la matriz de conexiones de la Tabla 3, puede proponerse que, dado que las proposiciones 6 ('El muro estaba a punto de derrumbarse sobre el labrador'), 7 ('El águila quiso retribuir al labrador') y 9 ('El águila arrebató con sus garras el sombrero al labrador') poseen las más elevadas fuerzas de nodo, son las proposiciones que describen los eventos más centrales de la historia. La representación mental que se conforma de esta manera permite a un lector recordar el texto de una manera proposicional y situacionalmente adecuada, o ser capaz de responder a preguntas acerca del mismo.

La realización de una simulación a través del *Landscape* permite obtener dos matrices. Una es la *matriz de activación*, la cual contiene los vectores de activación correspondientes a cada ciclo de lectura, ingresados por el investigador. La otra es la *matriz de conexiones*, la cual es calculada por el programa, y que contiene las fuerzas de nodo para cada proposición. Los valores de estas matrices reflejan la implementación de una serie de supuestos acerca de la generación de inferencias durante la comprensión. Es decir, las matrices surgen a partir de que el investigador ingresa valores a partir de las predicciones de su modelo teórico acerca de los procesos de comprensión. Si se quiere comparar el ajuste de distintos modelos a los procesos cognitivos que efectivamente llevan a cabo los lectores, el *Landscape* permite llevar a cabo simulaciones alternativas. Es decir, es posible realizar una simulación que implemente la generación de un determinado tipo de inferencias (por ejemplo, causales), y una simulación alternativa que no contemple la generación de estas inferencias. La comparación de la adecuación de las simulaciones alternativas a los datos conductuales *on-line* y *off-line* permite dilucidar cuál de los modelos tiene mayor validez psicológica.

En conclusión, este trabajo se propuso destacar la relevancia de la aplicación del modelo *Landscape* para el análisis de la estructura textual y el estudio de los procesos involucrados en la comprensión de textos naturales en español. Con este fin, realizamos una descripción del modelo, y de su implementación en una

fábula en español (*'El labrador y el águila'*). Esperamos haber descrito detalladamente los pasos necesarios para llevar a cabo la implementación en el texto elegido, y la interpretación de las matrices que se obtienen a partir de la simulación, a fin de abogar por la importancia de utilizar este modelo para llevar a cabo más simulaciones que examinen la comprensión de nuevos tipos de textos, y tengan en cuenta distintas variables del lector (motivación, memoria de trabajo, etcétera).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gernsbacher, M.A. (1990). ***Language comprehension as structure building***. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Graesser, A.C., Magliano, J.P. y Haberlandt, K. (1994). Psychological studies of naturalistic text. En H. van Oostendorp y R.A. Zwaan (Eds.), ***Naturalistic text comprehension*** (pp. 9-33). Norwood, NJ: Ablex.
- Graesser, A.C., Singer, M. y Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. ***Psychological Review***, **101**, 371-395.
- Kendeou, P., y van den Broek, P. (2005). The effects of readers' misconceptions on comprehension of scientific text. ***Journal of Educational Psychology***, **97**, 235-245.
- Kendeou, P. y van den Broek, P. (2007). The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during reading of scientific texts. ***Memory y Cognition***, **35** (7), 1567-1577.
- Kintsch, W. (1998). ***Comprehension. A paradigm for cognition***. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kintsch, W. y van Dijk, T.A. (1978). Towards a model of text comprehension and production. ***Psychological Review***, **85**, 363-394.
- Linderholm, T., Virtue, S., Tzeng, Y. y van den Broek, P. (2004). Fluctuations in the availability of information during reading: Capturing cognitive processes using the Landscape Model. ***Discourse Processes***, **37**, 165-186.
- Mackie, J.L. (1980). ***The cement of the universe: A study of causation***. Oxford: Clarendon Press.

- McKoon, G. y Ratcliff, R. (1992). Inference during reading. *Psychological Review*, **99**, 440-466.
- O'Brien. (1987). Antecedent search processes and the structure of texts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, **15**, 326-338.
- Rapp, D. N. y van den Broek, P. (2005). Dynamic text comprehension. *Current Directions in Psychological Science*, **14**, 276-279.
- Rapp, D., van den Broek, P. y Kendeou, P. (2005). Integrating memory-based and constructionist processes in accounts of reading comprehension. *Discourse Processes*, **39**, 299-316.
- Risden, K.C. (1996). Causal inferences in narrative text comprehension. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Minnesota.
- Sundermeier, B.A., van den Broek, P. y Zwaan, R.A. (2005). Casual coherence and the availability of locations and objects during narrative comprehension. *Memory y Cognition*, **33** (3), 462-470.
- Trabasso, T., Secco, T. y van den Broek, P. (1984). Causal cohesion and story coherence. En: H. Mandl, N.L. Stein y T. Trabasso (Eds.), *Learning and comprehension of text* (pp. 83-111). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Trabasso, T. y Sperry, L.L. (1985). **Causal relatedness and importance of story events.** *Journal of Memory and Language*, **24**, 595-611.
- Trabasso, T. y van den Broek, P. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, **24**, 612-630.
- Trabasso, T., van den Broek, P. y Suh, S.Y. (1989). Logical necessity and transitivity of causal relations in stories. *Discourse Processes*, **12**, 1-25.
- Trabasso, T. y van den Broek, P. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, **24**, 612-630.
- Tzeng, Y. (1999). Modeling online processes and offline representations of narrative comprehension: The competition-cohort model. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Minnesota.
- van den Broek, P. (1990). The causal inference maker: Towards a process model of inference generation in text comprehension. En D.A. Balota, G.B. Flores d'Arcais y K. Rayner (Eds.), *Comprehension processes in reading* (pp. 423-445). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- van den Broek, P. (1994). Comprehension and memory of narrative texts. In M. A. Gernsbacher (Ed.), **Handbook of psycholinguistics** (pp. 539– 588). San Diego, CA: Academic Press.
- van den Broek, P., Kendeou, P., Sung, Y. C., y Chen, M. (2003). **Comprehension and memory of science texts: A simulation using the Landscape Model**. Paper presented at the Annual Meeting of the Society for Text and Discourse, Madrid, Spain.
- van den Broek, P., Risdén, K.C., Fletcher, C.R. y Thurlow, R. (1996). A "landscape" view of reading: Fluctuating patterns of activation and the construction of a stable memory representation. En: B.K. Britton y A.C. Graesser (Eds.), **Models of understanding text** (pp. 165-187). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- van den Broek, P., Risdén, K.C. y Husebye-Hartmann, E. (1995). The role of readers' standards for coherence in the generation of inferences during reading. En R.F. Lorch y E.J. O'Brien (Eds.), **Sources of coherence in reading** (pp. 353-373). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- van den Broek, P., Virtue, S., Everson, M., Tzeng, Y., y Sung, Y. C. (2002). Comprehension and memory of science texts: Inferential processes and the construction of a mental representation. In J. Otero, J. A. Leon, y A. C. Graesser (Eds.), **The psychology of science text comprehension** (pp. 131-154). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- van den Broek, P., Young, M., Tzeng, Y. y Linderholm, T. (1999). The landscape model of reading: Inferences and the online construction of memory representation. En H. van Oostendorp y S.R. Goldman (Eds.), **The construction of mental representations during reading** (pp. 71-98). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

## APÉNDICE A

### *'El labrador y el águila'*

1. Un labrador que había atrapado un águila en una trampa, quedó admirado por su belleza y la liberó.
2. Al día siguiente el águila vio al labrador sentado junto a un viejo muro que estaba a punto de derrumbarse sobre él.
3. El águila quiso retribuir al labrador.
4. Voló rápidamente hacia él y le arrebató con sus garras el sombrero.
5. El labrador se levantó y se puso a perseguirla.
6. El águila dejó caer lejos el sombrero y el labrador lo recogió.
7. Al regresar el labrador vio que el muro se había derrumbado y se asombró de cómo el águila le había salvado la vida.

