

# El procesamiento del lenguaje natural como problema computacional\*

## *Natural language processing as a computational problem*

Sergio Balari

\* Este artículo es una versión resumida del texto correspondiente al curso «Natural Language Processing as a Computational Problem», impartido en el Curso de Tecnologías de la Lengua en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) de Barcelona. La versión completa, en inglés, está disponible como «Report de recerca del Grup de Gramàtica Teòrica de la UAB N° GGT-00-11» en <http://ggt.uab.es/>.

Quisiera agradecer a los organizadores, Toni Badia y Marsal Gavaldà, que me dieran la oportunidad de participar en el curso. Raquel Fernández leyó una primera versión de este artículo e hizo algunas sugerencias que me han sido muy útiles para mejorar la versión final. Cualquier error es, pues, de mi única y exclusiva responsabilidad. El trabajo que aquí se expone ha sido financiado parcialmente por los siguientes proyectos de investigación: PB96-1199-C04-01 del Ministerio de Educación y Ciencia, así como 1999SGR/00113 y CREL 9 de la Generalitat de Catalunya.

En la actualidad se han conseguido logros importantes en el campo de las tecnologías de la lengua. El autor señala que pese a los éxitos alcanzados, se debe de mantener la necesidad de un enfoque con objetivos a largo plazo, el denominado *enfoque computacional*. El artículo nos alerta sobre el peligro de concentrar excesivos esfuerzos en enfoques aplicados a corto plazo que no hacen sino ocultar el estado real de nuestros conocimientos sobre el lenguaje.

Currently, new achievements are being reached in the area of language technologies. The author mentions that despite the successes attained to this date, it is necessary to move toward a long-run goal known as the *computer approach*. The article warns us about the risks involved in devoting too many resources to short-term projects that simply hide the current real status of our knowledge on language.

En los últimos diez o quince años se ha vuelto a despertar el interés por el desarrollo de las tecnologías del lenguaje, que muchos de los nuevos profetas no han dudado en calificar como los cimientos de la sociedad de la información del futuro (véase, por ejemplo, Dertouzos 1997).

A medida que las interacciones entre los humanos y las máquinas se hacen más frecuentes, cualquier pequeño paso hacia adelante en la tarea de hacerlas más fluidas será también un paso adelante en la construcción de ese nuevo mundo de la sociedad de la información. Evidentemente, la mejor manera de ganar fluidez y eficacia en estas interacciones es conseguir que éstas sean lo más naturales posibles, y ¿qué sistema de comunicación resulta más natural para los seres humanos que el lenguaje? El argumento es de lo más razonable. Si olvidamos por el momento toda una serie de cuestiones directamente relacionadas con la actividad comunicativa de los humanos así como el papel que juegan ciertos elementos extralingüísticos en la regulación de estas conductas,<sup>1</sup> no cabe duda de que la única manera de acercarnos, aunque sea un poco, al mundo que nos describen algunos autores de ciencia ficción (piense el lector en el *HAL 9000* de Arthur Clarke o en el *Pez de Babel* de Douglas Adams, por ejemplo) es ser capaces de comunicarnos con entidades artificiales utilizando medios naturales.

En la medida en que podemos considerar que ésta es una empresa común, en la que participan comunidades científicas diversas, con visiones y perspectivas diferentes, creo que podemos identificar dos maneras (es de esperar que complementarias) de enfocar el problema de la comunicación entre máquinas y humanos. Por un lado, tenemos un enfoque basado en los métodos de la ingeniería y orientado principalmente al desarrollo de aplicaciones, cuyo principal objetivo es desarrollar sistemas que funcionen y que sean capaces de ofrecer un servicio eficiente, aunque sea limitado, a los usuarios. Este enfoque suele caracterizarse por adoptar una estrategia basada en el principio del «divide y vencerás», centrando su atención en problemas muy concretos, con una aplicación industrial o comercial inmediata, y buscando estrategias que resulten eficaces para solucionarlos. Un buen ejemplo de ello es el proyecto *VERBMOBIL*, en el que han participado una serie de instituciones públicas y privadas alemanas, y que, después de ocho años, concluyó con éxito su fase II a finales de julio del 2000. Este sistema es un dispositivo de traducción automática de voz a voz, diseñado para servir de ayuda a dos individuos que interactúan en lenguas distintas con el objetivo de fijar la fecha de una reunión.<sup>2</sup> Resulta más que evidente, sin embargo, que

VERBMOBIL, con todo su éxito, no es más que un grano de arena en el largo camino que debería llevarnos algún día al *Pez de Babel*. El hecho es que este sistema no es un sistema de traducción capaz de tratar con cualquier situación comunicativa (algo que nadie todavía ha sido capaz de hacer y que difícilmente veremos en un futuro cercano), sino un sistema que funciona sólo dentro de un universo muy reducido que no es más que una mínima porción de las muchas (¿infinitas?) situaciones comunicativas en que puede participar un ser humano. Que VERBMOBIL funcione es, sin duda, una buena noticia, pero es importante no olvidar que funciona precisamente porque fue diseñado para funcionar dentro del reducido universo en que funciona. Esto es importante porque, como señaló el Dr. M. García-Carpintero durante la mesa redonda que clausuró el curso de la UIMP, el deslumbrante éxito alcanzado por algunos sistemas desarrollados desde este enfoque puede, con facilidad, no dejarnos ver cuál es el estado actual de nuestros conocimientos sobre cómo funciona realmente el lenguaje, lo cual puede, a su vez, crearnos muchas falsas expectativas sobre el futuro inmediato de las tecnologías de la lengua. No sería la primera vez: en 1964, una comisión de expertos reunida por el Gobierno de Estados Unidos para evaluar el estado de las investigaciones en traducción automática redactó lo que hoy se conoce como el *Informe ALPAC*, el cual tuvo unas consecuencias devastadoras para el campo, ya que, automáticamente, se suspendió la financiación de todo proyecto de este tipo. No fue hasta bien entrados los años ochenta que la investigación en el ámbito de las tecnologías del lenguaje volvió a recuperar el dinamismo y la fuerza que tuvo a principios de los sesenta.<sup>3</sup>

¿Podemos hacer algo más, aparte de tomarnos muy en serio la advertencia del Dr. García-Carpintero? En mi opinión, por muy sorprendentes que nos parezcan los logros del enfoque aplicado, es imprescindible mantener vivo un enfoque con unos objetivos a más largo plazo: lo que aquí denominaré el *enfoque computacional*. También podría haber utilizado el término *ciencia cognitiva*, ya que este enfoque se basa en la premisa de que una posible solución para los problemas a los que me refería anteriormente sería la de ser capaces de reproducir «lo mejor» con medios artificiales, y, por ahora, que sepamos, «lo mejor» es la colección de capacidades cognitivas que intervienen en la conducta comunicativa de los seres humanos.<sup>4</sup> Con ello no quiero decir que el objetivo principal de las ciencias cognitivas sea el de simular la conducta humana de forma artificial (aunque no hay que desdeñar las enormes posibilidades que ofrecen los ordenadores en este tipo de investigaciones (véase, por ejemplo, Langton *et al.* [eds.] 1992), ya que el mero hecho de llegar a comprender los misterios de la cognición humana es, en sí mismo, un objetivo enormemente ambicioso. Quiero hacer hincapié, simplemente, en el hecho de que, a largo plazo, obtendremos mayores beneficios si llevamos adelante la investigación más teórica que nos propone la ciencia cognitiva.

En lo que queda de artículo, centraré mi atención en el lenguaje natural y expondré de forma muy breve y esquemática cómo podemos estudiarlo desde esta perspectiva. A medida que avance, iré desarrollando lo que, a mi modo de ver, son los dos ejes principales a lo largo de los cuales debe desarrollarse todo enfoque computacional del lenguaje: la *teoría de las representaciones* y la *teoría de los procesos*.

Desgraciadamente, las restricciones de espacio me impedirán tratar con detalle los elementos básicos de cada teoría, así que me limitaré a esbozar con toda la precisión que pueda los objetivos de cada una. Antes de continuar, sin embargo, una advertencia al lector: la ciencia cognitiva es, hoy por hoy, una disciplina muy heterogénea, donde convergen (y a menudo divergen) los intereses y los métodos de la psicología, las ciencias de la computación, la lingüística, la filosofía y la neurociencia (por citar las disciplinas más directamente involucradas en el estudio de la cognición humana). No debe sorprendernos, por tanto, que en ella convivan muchas y diversas posiciones teóricas, a menudo contradictorias. Es posible, por tanto, que más de una persona esté en total desacuerdo con muchas de las cosas que yo diga aquí, lo cual es, por otra parte, un indicio de buena salud en cualquier disciplina científica.

### La perspectiva computacional

Como se deduce del título de este artículo, mi objetivo es estudiar el problema del *procesamiento del lenguaje natural (PLN)* desde una perspectiva computacional. Dicho de otro modo, e incorporando alguna idea expuesta en la introducción, sea cual sea nuestro objetivo último, la mejor manera de abordar el problema del PLN es desde una perspectiva computacional y con métodos computacionales. Pero, ¿qué comporta la adopción de la perspectiva computacional? La respuesta a esta pregunta es mucho menos

evidente de lo que podría parecer al principio, ya que si pensamos que ésta debe incluir alguna referencia a los ordenadores, entonces estaremos equivocados. Es cierto que los ordenadores son dispositivos especialmente diseñados para llevar a cabo tareas que podríamos calificar de computacionales, pero no son los únicos: los cerebros también son dispositivos computacionales, y también lo son los ábacos e, incluso, nuestra mano, armada de lápiz y papel, es un dispositivo computacional. Una interesante propiedad de los procesos computacionales es que podemos analizarlos desde una perspectiva que es totalmente independiente del mecanismo que debe implementarlos. Con ello no quiero decir que la implementación sea irrelevante, que no lo es, sino que podemos aprender mucho de un problema computacional sin tener en cuenta los detalles relacionados con la implementación. Esta es, quizás, una de las enseñanzas más importantes del legado intelectual del matemático británico Alan Turing, que convendrá tener presente en todo momento.

Volvamos ahora a nuestra pregunta: ¿qué comporta la adopción de la perspectiva computacional? Bueno, aquí voy a necesitar que alguien me eche una mano, así que citaré unas palabras de uno de los más célebres precursores de las ciencias cognitivas, el psicólogo norteamericano, ya fallecido, David Marr (1982, pp. 24-25):<sup>5</sup>

«[T]he different levels at which an information processing device must be understood [are:] At one extreme, the top level, is the abstract computational theory of the device, in which the performance of the device is characterized as a **mapping** from one kind of information to another, the abstract properties of this mapping are defined precisely, and its appropriateness and adequacy for the task at hand are demonstrated. In the center is the choice of **representation** for the input and output and the **algorithm** to be used to transform one into the other. And at the other extreme are the details of how the algorithm and representation are realized physically—the detailed computer architecture, so to speak.»<sup>6</sup>

He destacado algunos términos en esta cita, ya que nos servirán para definir el hilo conductor que vamos a seguir a partir de ahora. El objetivo principal de David Marr era elaborar un modelo de la visión humana, pero, y aquí es donde reside la belleza de las ideas de Turing, esto es irrelevante, porque una de las ventajas del enfoque computacional es que nos ofrece un marco general desde el cual podemos estudiar fenómenos en apariencia muy diferentes. Ya tenemos, por tanto, unas cuantas cosas importantes que decir acerca del PLN, concretamente que:

- Puede definirse como una tarea de procesamiento de la información que caracterizaremos como una **proyección** desde una **representación** de entrada en una representación de salida, de tal modo que dicha proyección pueda describirse mediante un **algoritmo** determinado.

Mantengo las negritas porque, en lo que queda de artículo, me ocuparé de analizar estos tres elementos con cierto detalle, poniendo de relieve las relaciones que existen entre ellos. Quisiera empezar con una analogía que nos será de utilidad más adelante. Considere el lector una actividad artística como, por ejemplo, la escultura. En un estadio preliminar de la producción de una pieza, el artista diseña su proyecto como una proyección abstracta entre un determinado bloque de materia (aún por determinar) y una forma que sólo existe en su mente o en forma de bocetos sobre papel. En un segundo estadio, el escultor debe decidir qué tipo de material va a utilizar. En esta decisión interviene toda una serie de consideraciones que no nos incumben en este momento (de tipo estético o relacionada con las preferencias y las capacidades del autor), pero, independientemente de si la escultura se va a realizar en madera, piedra o metal, esta decisión repercute definitivamente en el proceso de producción, ya que cada material debe tratarse con las técnicas apropiadas (es decir, la piedra y la madera se puede tallar, pero no fundir, por ejemplo); y viceversa, si nuestro escultor desea utilizar una técnica específica, entonces no podrá utilizar cualquier material. La idea que me interesa derivar de este ejemplo (y del siguiente que discutiré) es que, en muchas ocasiones, la naturaleza de las entidades que participan en un proceso determina el modo en que el proceso se lleva a cabo, y viceversa, si queremos hacer algo de una manera determinada, impondremos una restricción inevitable sobre el tipo de entidades que podremos manipular. Traducida a términos computacionales, esta analogía puede reformularse como sigue: la elección de un formato o modo de representación,

condicionará la elección del algoritmo, y viceversa. Veamos otro ejemplo, más próximo al caso que nos ocupa.

Esta es una historia de números. Hace ya mucho tiempo que los humanos conocen y utilizan los números, que saben de sus propiedades y aplicaciones. Para usarlos, sin embargo, hemos tenido que buscar una manera de representarlos. Por lo que yo sé, nadie ha visto nunca un número, podrían ser peludos y azules o lisos y rojos, ¡qué más da! Lo importante es que, para usarlos, tenemos que representarlos; mientras el modo de representación que elijamos conserve las propiedades relevantes de los números, que nos permiten hacer cosas tales como sumar o multiplicar, no hay problema.

En Occidente, los griegos y los romanos fueron los primeros que descubrieron muchas de las propiedades y aplicaciones de los números. Los griegos, por ejemplo, descubrieron los números irracionales, como  $\pi$  y  $\sqrt{2}$ , que, para desesperación de los pitagóricos, son números que no se pueden expresar como la razón de dos números enteros, como ocurre con  $1/2$ . Resulta sorprendente que hicieran tales descubrimientos (lo cual dice mucho en favor de los matemáticos e ingenieros griegos y romanos), ya que ambos utilizaban un sistema bastante curioso para representar los números. Tomemos como ejemplo el sistema romano que todos conocemos (el griego se fundamentaba en los mismos principios).

El sistema se basa en una serie de siete símbolos que representan unos números concretos, más una serie de reglas para combinar esos símbolos a fin de poder construir símbolos más complejos ([tabla 1](#)).

En cuanto a las reglas de combinación, todos sabemos más o menos cómo funcionan: *a*) un símbolo a la derecha de otro tiene función aditiva, *b*) un símbolo a la izquierda de otro tiene función sustractiva. Con este modo de representación, la suma y la resta son operaciones relativamente fáciles de llevar a cabo, ya que, de hecho, el sistema se basa precisamente en las nociones de suma y resta. (Una manera de pensar en los numerales romanos complejos es como un modo de escribir sumas, con signos de suma y resta implícitos que conectan los diversos símbolos.) Pero, ¿qué hay de otras operaciones más complejas como la multiplicación o la división? La multiplicación es una auténtica pesadilla; la división es, simplemente, imposible. Para que el lector pueda apreciar la verdadera dimensión del problema, veamos cómo funciona el algoritmo de la multiplicación calculando, en romanos,  $32 \times 46$ , en la [tabla 2](#).

Ahora ya sabe el lector por qué los números romanos sólo se usan para indicar la fecha de *copyright* de las películas de Hollywood. No sirven para otros propósitos más prácticos. Si pensamos ahora en el sistema que utilizamos hoy en día, el sistema árabe, veremos que, a partir de la misma idea de utilizar símbolos para representar los números, este sistema emplea un conjunto de principios para combinarlos radicalmente distinto, además de reconocer la existencia de una entidad bastante útil, el cero. Es un sistema posicional basado en la suma y la multiplicación, de modo que cada cifra, según sea su posición, nos indica la cantidad de unidades, decenas, centenas, etc. (por ejemplo,  $n \times 1$ ,  $n \times 10$ ,  $n \times 100$ , etc.). Con este sistema de representación, es muy fácil efectuar cualquiera de las cuatro operaciones elementales; nos basta con elegir nuestro algoritmo favorito para verificar que, efectivamente,  $32 \times 46$  es igual a 1472.

De vuelta al asunto que nos ocupa, vemos que nuestras historias de escultores y de números tienen moraleja: cuando caracterizamos un proceso computacional, debemos ser muy cuidadosos en el momento de escoger un formato para las representaciones de entrada y de salida, y en el momento de seleccionar un algoritmo capaz de describir el proceso de transformar las unas en las otras. No vale cualquier cosa, ya que no es cierto que la forma de nuestras representaciones no tenga ninguna repercusión sobre la manera cómo van a ser procesadas. En el momento de elegir un formato apropiado para nuestras representaciones debemos procurar no ser víctimas de la TNR («trampa de los números romanos»), y la única manera de evitarlo es conocer muy bien cuáles son las propiedades formales del lenguaje de representación que vamos a utilizar. Es la única manera de determinar qué algoritmo será el más apropiado e, incluso, de saber si hay un algoritmo. Resumamos, pues, los tres elementos básicos de nuestra teoría computacional:

1. Definición de una proyección desde una representación de entrada en una de salida.
2. Una teoría de las representaciones de entrada y de salida, que modelaremos utilizando un lenguaje de representación adecuado.
3. Una teoría de cómo se efectúa la proyección, que tenga en cuenta la naturaleza de las representaciones que participan en el proceso.

¡Estupendo! Hecho esto, ya podemos reformular el punto 1 en forma de pregunta.

## ¿Qué tipo de proyección existe en una tarea de PLN?

Y la respuesta es... bueno, pues, depende. Depende porque el problema del PLN contiene, de hecho, dos subproblemas: el problema del *análisis* y el problema de la *generación* o, por ponerlo en términos más psicolingüísticos, el problema de la *comprensión* y el problema de la *producción*. Así pues, en función de en qué sentido nos movamos, tendremos una proyección desde un tipo u otro de representación de entrada en un tipo u otro de representación de salida.

Desde el punto de vista del proceso de comprensión/análisis, la entrada será una señal acústica o una cadena de caracteres, mientras que la salida podemos asumir que será una descripción estructural completa (sintáctica) a partir de la cual se puede derivar una interpretación semántica. De hecho, en el caso de la señal acústica, resulta práctico asumir que ésta se traduce, primero, a una representación fonética/fonológica normalizada que sirve de entrada al proceso ([figura 1](#)).

En el caso del proceso de producción/generación, la entrada debe ser una representación semántica de algún tipo (una forma lógica, por ejemplo), mientras que la salida será una descripción estructural completa a partir de la cual se puede derivar una interpretación fonética. En la [figura 2](#), esquema adaptado de Jackendoff (1997), se resume lo dicho hasta ahora.

Se trata de un modelo muy general, no sólo un modelo psicolingüístico; sustituya el lector las etiquetas por otras menos comprometidas y obtendrá un modelo general de producción/comprensión del habla.

Evidentemente, esto no es más que el principio de una teoría que quiera explicar esas capacidades en los humanos, ya que aún está todo por hacer, especialmente todo lo referente a la caja que ocupa el centro del esquema. Aquí es donde empieza el misterio y donde cobra particular importancia el trabajo de lingüistas y psicólogos (contando, por supuesto, con la ayuda de todos los demás). Necesitamos una teoría sobre cómo son esas representaciones que entran y salen de la caja y una teoría sobre cómo se efectúan las transformaciones necesarias para obtener unas representaciones a partir de otras. La lingüística nos hablará entonces de gramáticas, en tanto que sistemas donde se almacena la información sobre cómo debe ser la representación de una frase bien formada, y la psicolingüística nos hablará de procesadores, en tanto que dispositivos capaces de utilizar ese conocimiento gramatical para construir representaciones de acuerdo con un algoritmo específico.

En otras palabras, vista independientemente del algoritmo, la gramática no nos dice nada más que cómo debe ser la representación adecuada de una frase. Esto es precisamente lo que hacen los lingüistas: desarrollan teorías sobre cómo podemos representar la estructura de las expresiones de una lengua natural a fin de capturar sus propiedades (a menudo bastante complejas). Pero vista desde la perspectiva del PLN, la gramática nos dice algo más, ya que define el conjunto de todas las representaciones de salida posibles, es decir, define los objetivos del algoritmo. Este conjunto es infinito, pero la gramática puede definirlo de un modo conciso, ya que el número de reglas de una gramática es, en general, pequeño en relación con el conjunto infinito que con ellas se puede generar. Esta, es una propiedad fundamental de las gramáticas, ya que, de este modo, podemos explicar cómo es posible que los humanos tengan el potencial de producir un número infinito de frases --de ser creativos, en suma-- utilizando unos recursos que, a la fuerza, no pueden ser más que finitos: los recursos que nos proporcionan la gramática y el algoritmo que la utiliza.

Aquí es, también, donde acaba el artículo, en el punto donde empieza el esfuerzo conjunto de muchos investigadores que nos llevará algún día, estoy convencido de ello, a descifrar el misterio del lenguaje.

## Notas

<sup>1</sup> El asunto es muy complejo y el espacio muy reducido para abordar estas cuestiones con detalle, pero, piense el lector simplemente en el hecho de que en las interacciones cara a cara, la conducta comunicativa de los humanos va mucho más allá del mero acto de hablar, ya que los hablantes utilizan gran cantidad de pistas visuales y gestos que resultan imprescindibles en el momento de hacer más fluida la interacción (no es lo mismo hablar con alguien cara a cara que hacerlo por teléfono). Este pequeño ejemplo basta para hacernos una idea de la complejidad que entraña modelar la conducta comunicativa de los humanos. A este respecto, el trabajo de Hauser (1996) es una buena fuente de información y de referencias sobre este asunto.

<sup>2</sup> Para más información sobre VERBMOBIL, se puede consultar su sitio web en <http://verbmobil.dfki.de/> así como los trabajos recopilados en un volumen monográfico de reciente publicación: Wahlster, ed. (2000).

<sup>3</sup> Para una breve revisión histórica, el lector puede acudir a Wilks & Sparck Jones (1983). Este artículo es interesante, ya que, pese haber sido redactado en 1983, muchas de las cosas que dice siguen siendo válidas en el año 2000. Otro artículo ilustrativo

es el de Dennett (1998, escrito en 1985) y el *postscriptum* que lo acompaña.

<sup>4</sup> Con toda probabilidad, la mayoría de las ciencias humanas y sociales se beneficiarían enormemente si abrieran nuevos frentes en el ámbito de la cognición humana. Algunas, como la arqueología, parecen haberse tomado en serio el asunto (véanse, por ejemplo, los artículos recopilados en Renfrew & Zubrow [eds.], 1994), otras, como la economía, siguen sin darse por aludidas (con honrosas excepciones, véase Frank, 1988).

<sup>5</sup> La definición que, en su momento, propuso Marr para los tres niveles es útil para plantear el problema, lo cual no significa que no sea discutible en alguno de sus aspectos y que sea posible elaborar definiciones más precisas y más ajustadas a las necesidades del investigador; véase Jackendoff (1987, cap. 4) y Peacocke (1986).

<sup>6</sup> «[Los] diferentes niveles a que se puede estudiar un mecanismo de procesamiento de la información [son:] En un extremo, el superior, está la teoría computacional abstracta del mecanismo, donde se caracterizará la tarea que debe llevar a cabo el mecanismo como una proyección desde un tipo de información en otra, se definirán con precisión las propiedades abstractas de esta proyección y se demostrará su adecuación para efectuar la tarea en cuestión. En el centro tenemos la elección de una representación para la información de entrada y de salida, así como un algoritmo para transformar la una en la otra. En el otro extremo, tenemos todo aquello que tiene que ver con la realización física de la representación y el algoritmo, lo que, en otras palabras, denominaríamos arquitectura del ordenador.» [La traducción es mía, SBR].

## Bibliografía / libros consultados

- Dennett, D.C.: «Can machines think?». En: *Brainchildren. Essays on designing minds*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1998/1985: 3-29.
- Dertouzos, M.: *What will be*, Nueva York, HarperCollins, 1997.
- Frank, R.H.: *Passions within reason. The strategic role of the emotions*, Nueva York, W.W. Norton, 1988.
- Hauser, M.D.: 1996. *The evolution of communication*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1996.
- Jackendoff, R.: *Consciousness and the computational mind*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1987.
- Jackendoff, R.: *The architecture of the language faculty*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1997.
- Langton, C.G.; Taylor, C.; Farmer J.D.; Rasmussen, S., eds.: *Artificial Life II*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1992.
- Marr, D.: *Vision*, Nueva York, Freeman, 1982.
- Peacocke, C.: «Explanation in computational psychology: Language, perception and Level 1.5», *Mind & Language* 1986; 1: 101-123.
- Renfrew, C.; Zubrow, E.B.W., eds.: *The ancient mind. Elements of cognitive archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- Wahlster, W., ed.: *Verbmobil: Foundations of speech-to-speech translation*, Berlín, Springer, 2000.
- Wilks, Y.A., Sparck Jones, K.: «Introduction: A little light history». En: Sparck Jones, K.; Wilks, Y.A. (eds.): *Automatic Natural Language Parsing*. Ellis Horwood, Chichester, 1983: 11-21.

### Sergio Balari Ravera

Profesor titular de Lingüística general en la Universitat Autònoma de Barcelona, donde se doctoró en filosofía y letras en 1993, después de pasar diversos periodos en la City University of New York y la Stanford University en Estados Unidos, así como en la Universidad del Sarre en Alemania. Entre 1987 y 1991 fue miembro activo del equipo de investigación EUROTRA-España, en el marco del proyecto de traducción automática EUROTRA financiado por la Unión Europea. Ha publicado diversos artículos en revistas y libros sobre temas diversos relacionados con la teoría gramatical y la lingüística computacional.

[Sergi.Balari@uab.es](mailto:Sergi.Balari@uab.es)