



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Filosofía y Humanidades
Centro de Estudios Cognitivos

Cognición biológica como un modelo para la sistematización artificial
de patrones comunicativos
Trabajo de tesis para optar al grado de Magíster en Estudios Cognitivos
FERNANDO RODRÍGUEZ VERGARA

Profesor Guía:
Guillermo Soto Vergara

Santiago de Chile
2016

RESUMEN

Este trabajo propone una visión integrada de los fenómenos de la cognición, el lenguaje, y la inteligencia artificial, utilizando como elemento de sustrato el componente biológico. Dicha propuesta se desarrollará mediante una síntesis bibliográfica, y planteando que, si bien estos fenómenos ya han sido abordados, en conjunto y por separado, dentro del marco de las ciencias cognitivas; la idea de una aproximación a la cognición desde un punto de vista biológico, y la de relacionar el lenguaje con este sustrato es relativamente nueva. Asimismo, con base en lo anterior, se revisarán posibles aplicaciones dentro del campo de la inteligencia artificial, cuyas implicancias, podrían resultar fructíferas también para el procesamiento cognitivo de la información, y del lenguaje natural.

La argumentación estará organizada en tres partes; en primer lugar, se exhibirán algunas de las características esenciales de la cognición a un nivel prelingüístico. Luego, se expondrá que es plausible pensar algunos aspectos del lenguaje como una diferenciación cognitivo-comunicativa, como una nueva modalidad de sistematicidad. Finalmente, se revisarán propuestas computacionales de la cognición y del lenguaje, para dar paso a una breve discusión final.

Autor: Fernando Rodríguez (contacto: frodriguezv@ug.uchile.cl)

Profesor guía: Guillermo Soto

Grado académico al que se postula: Magíster en Estudios Cognitivos

Septiembre de 2016

*A Marisol y Javier,
mis compañeros en este videojuego infinito*

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mis papás, Sandra y Fernando, por el cariño, y por todo en realidad, lo mismo a Marisol y Javier, y por darme el tiempo y el espacio cada vez que lo he necesitado.

A todos los profesores del programa, de los que he aprendido a enmarcar un tema para reflexionar sobre él, por su gran disposición y amabilidad. Especialmente al profesor Alejandro Bassi, quien me proporcionó ideas y materiales importantísimos, al profesor Manuel Rodríguez, cuyos consejos me han servido de guía este año y medio, y particularmente al profesor Guillermo Soto, del que he aprendido a reconocer el valor de la intuición, y que por alguna razón me ha apoyado mucho más de lo que hubiese esperado.

A mis amigos, por estar siempre dispuestos a conversar, por escucharme, y no pedirme más que vernos de vez en cuando. Sobre todo a Claudio, José, Manuel, y Rodrigo, que estos últimos años son los que más han convivido con dilemas que no son los suyos.

“El Número le pareció a Eupompo la única realidad, la única cosa de la que podía estar segura la mente del hombre. Contar era la única cosa que valía la pena hacer (...) Se agruparon alrededor de Eupompo como una escuela y se llamaron los Pilarrítmicos. Se sentaban largas horas frente a su obra, contemplando los gansos y contándolos; según los Pilarrítmicos, contar y contemplar eran la misma cosa.”

Aldous Huxley — *Eupompo le dio esplendor al arte con los números.*

“Voy acompañado de mi perro. En un recodo del camino varios pensamientos me asaltan. Estaban allí, apostados como bandidos. Si los pensamientos no vienen de fuera ¿por qué mi perro se inquieta al aproximarse a los sitios, para mi desconocidos, donde ellos me aguardan?”

Pedro Prado — *De la noche al amanecer.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. COGNICIÓN	4
2.1 Vida y cognición	4
2.2 Cognición Mínima	11
2.2.1 El caso de las bacterias	11
2.2.2 El caso de las plantas	15
2.2.3 Algunas conclusiones	19
2.3 Evolución cognitiva	21
3. COMUNICACIÓN, LENGUAJE Y SISTEMATICIDAD	29
3.1 Comunicación	29
3.2 Lenguaje	36
3.2.1 Lenguaje y cognición	36
3.2.2 Semántica y pragmática	41
3.3 Sistematicidad	45
4. COMPUTACIÓN	59
4.1 Computación y lenguaje	60
4.1.1 El computacionalismo clásico	60
4.1.2 Representación de la información semántica	64
4.1.3 Lingüística computacional y cognición	68

4.2 Computación y cognición	72
4.2.1 La criatura de Brooks	72
4.2.2 Posibles aplicaciones de Cognición Mínima	75
4.2.3 Agentes colaborativos	78
4.2.4 Comportamientos automatizados	80
4.2.5 ¿Cognición artificial?	83
5. DISCUSIÓN, PROYECCIONES, CONCLUSIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96

1. INTRODUCCIÓN

Desde aproximadamente el último cuarto del siglo pasado a la fecha, ha comenzado a consolidarse, cada vez con más fuerza y más consistentemente, en el estudio de los fenómenos cognitivos, la idea de dichos fenómenos como inextricablemente ligados a la corporeidad de los agentes en los que estos se presentan, en lo que se ha denominado el giro pragmático en ciencias cognitivas (Engel, Maye & König, 2013). Si bien esta tendencia está lejos de ser una corriente uniforme, con diferencias que van desde diversos grados de compromiso con ciertos supuestos, hasta algunos conflictos teóricos entre las diferentes propuestas, las nociones desarrolladas dentro de este marco se han ido ramificando e influyendo significativamente en gran cantidad de investigaciones, fundamentadas sobre el supuesto que podríamos resumir como un cambio en el punto de partida: en lugar de una mente resolviendo problemas abstractos, un cuerpo que requiere una mente para poder funcionar en el mundo (Wilson, 2002). La premisa central de las corrientes pertenecientes a este giro pragmático es que la cognición es una forma de práctica, o en otras palabras, que “cognición es acción” (Dreyfus, 1992; Kurthen, 1992; en Engel, Maye & König, 2013).

Siguiendo a Wilson (2002), algunas de las propuestas más representativas mediante las cuales podemos caracterizar *grosso modo* la noción pragmática de la cognición son: i) la cognición como una capacidad situada, en cuanto esta toma lugar en un medio perteneciente al mundo real, en el que las acciones tienen sentido y que requiere percepción. ii) cognición fundamentada en la presión del tiempo real. iii) cognición como parte de un sistema cognición-ambiente, en la que una mente aislada no es una unidad significativa de análisis debido a la permanente retroalimentación organismo-ambiente. iv) cognición para la acción, es decir, que (sub)funciones cognitivas, como memoria, o percepción, deben ser entendidas dentro de un marco situacional apropiado.

Es importante observar, que la noción de acción a la que se alude no es equiparable, ni a la de comportamiento, ni a la de movimiento (McGann, 2007; Mead, 1938; en Engel, Maye & König, 2013), sino que hace referencia a las respuestas a las necesidades biológicas del organismo, y que tendría que ver, en última instancia, con la naturaleza misma de la cognición, que obedecería a patrones de organización biológicos, mediante los cuales los

organismos serían capaces de establecer relaciones causales y recíprocas con su medio, realizando permanentes intercambios de materia y energía que serían esenciales para la subsistencia del mismo (Lyon, 2005).

Podríamos, quizá, considerar un poco irónico que dentro del marco de una ciencia dedicada específicamente al estudio de la cognición, hayamos tardado tanto en buscar cognición en otros lugares que no fueran los que teníamos inmediatamente frente a nosotros. Es debido a este enfoque peculiar, que hemos centrado nuestras referencias y nuestros dilemas a partir de un punto de vista marcadamente antropocéntrico, dejando de lado diferentes formas de cognición con las que convivimos a diario. Esto nos ha llevado a una falsa dicotomía entre lo que supuestamente sería cognitivo y lo que no, pero que en realidad tiene como trasfondo una diferencia entre lo que lo que reconocemos como cognitivo según parámetros bastantes sesgados. Claras ilustraciones de esto son nuestras atribuciones intuitivas de “comportamientos más inteligentes” a entidades que pueden realizar actividades similares a las que nosotros realizamos, como un computador, o los primates no humanos, soslayando el que bastantes otras ramas evolutivas que han habitado este planeta por mucho más tiempo, subsistiendo a pesar de múltiples vicisitudes, y que dicho proceso evolutivo debe implicar algún tipo de función adaptativa que podría fácilmente recibir la calificación de inteligente.

Otra muestra bastante evidente de este sesgo, es que dentro de la tradicional definición de las disciplinas involucradas en la conformación de las ciencias cognitivas: filosofía, neurociencias, antropología, inteligencia artificial, lingüística y psicología (Gardner, 1988); se ha marginado a la biología como tal, como si los procesos que se estudiaran aparecieran sin un sustrato biológico previo, o como si el fenómeno cognitivo fuese exclusivamente humano.

El siguiente trabajo, elaborado principalmente como una síntesis bibliográfica, pretende considerar en gran medida lo expuesto más arriba, para, por medio de dicha perspectiva, reinterpretar la relación entre el fenómeno cognitivo, y otros asociados, como la comunicación o la sistematicidad, y discutir los posibles cambios que podría acarrear una pos-

tura de corte biocognitivo en disciplinas asociadas al procesamiento computacional de la información.

Como ya anticipamos, el desarrollo estará organizado en tres partes; en primer lugar, se exhibirán algunas de las características esenciales de la cognición a un nivel prelingüístico. Luego, se expondrá que es plausible pensar algunos aspectos del lenguaje como una diferenciación cognitivo-comunicativa, como una nueva modalidad de sistematicidad. Finalmente, se revisarán propuestas computacionales de la cognición y del lenguaje, para dar paso a una breve discusión final.

Quisiera agradecer el apoyo del proyecto Fondecyt 1140733 a cargo del profesor Guillermo Soto Vergara, el cual ha facilitado en gran parte el desarrollo del presente trabajo.

2. COGNICIÓN

2.1 VIDA Y COGNICIÓN

Un cuestionamiento siempre presente ha sido el del origen y la naturaleza de la cognición. Si adoptamos una perspectiva biogénica, como propuesta por Lyon (2005), es decir, tomando como base lo biológico en lugar de lo humano para nuestro punto de partida sobre el estudio de la cognición, se hace necesario estudiar manifestaciones cognitivas anteriores a la humana, ojalá lo más antiguas y sencillas posibles en un comienzo, para recién después avanzar hacia otras formas de cognición más complejas, tales como la cognición humana, y considerando los fenómenos psicológicos desde una perspectiva biológica. Mientras una perspectiva antropogénica de la cognición, se aproxima a los fenómenos cognitivos concibiendo los atributos psicológicos humanos como los representativos de la cognición y puede buscar en su historia biológica y/o evolutiva una explicación para ellos, su contraparte biogénica asume que los fundamentos organizativos de la cognición son biológicos, que se montan sobre las necesidades de supervivencia y reproducción de los seres vivos, y que por consiguiente, presentan un marco más propicio para un estudio general de los principios de la cognición. Asimismo, en cuanto función biológica, y tal como otros procesos funcionales de la misma naturaleza, como la respiración, o la digestión; la cognición no podría ser entendida fuera del contexto de la organización de lo vivo (Ibídem). Una de las ventajas de esta postura, es que al incluir a la cognición dentro de un conjunto de funciones o capacidades asociadas a la organicidad, nos proporciona un marco de referencia no disociativo entre lo biológico y lo que podríamos denominar psicológico no sólo a nivel humano. Y además, pareciera poder aplicarse a algunos de los problemas que han aquejado a la ciencia cognitiva por largo tiempo, como los clásicos espacios entre lo mental y lo que no lo es.

Lyon (2004), asevera que la teoría autopoietica es la primera teoría verdaderamente biogénica, y que en su versión original de 1973, esta representa la postura más fuerte que una perspectiva biogénica puede alcanzar. Dicha teoría, presentada por Maturana y Varela (1973), en pocas palabras, describe la propiedad de la vida a un nivel molecular, como un

ciclo de producción circular, mediante el cual los organismos producen una red de procesos de producción (ya sea síntesis o destrucción) de componentes, que a su vez, es permanentemente producida por la misma red procesos de producción de componentes que produce (Maturana y Varela, 1973). Revisemos un poco más hondamente las presuntas implicancias de esta idea.

Según las reflexiones de Varela (2000) respecto de la teoría en cuestión, la necesidad de los organismos de interactuar adaptándose permanentemente a su medio, en lo que se ha denominado acoplamiento estructural, se debería a una incompletitud constitutiva de los mismos, que es de donde provendría su necesidad de estar regenerándose continuamente. Esta acción, sobre lo que falta, sería precisamente el origen de su actividad cognitiva.

En este sentido, dada la necesidad primordial de un organismo, de seguir existiendo como una entidad diferenciada, pero al mismo tiempo vinculada con su medio, podríamos entender la cognición como la función adaptativa mediante la cual los seres vivos regulan su dinámica autopoietica, o en otras palabras, la función mediante la cual generan los patrones de reconfiguración necesarios para seguir constituidos como tales, y al mismo tiempo, adaptarse a los cambios del mundo que se le presenta (Varela, 2000). Este *mundo*, que se correspondería con el ambiente de interacción cognitiva del organismo, sería *experimentado* (no representado) por dicho organismo en función de su propia existencia, luego, la cognición sería una función intrínseca a la vida. En palabras de Maturana (1970, 1980; en Lyon, 2004), el espacio en que un sistema responde diferencialmente para mantener su autopoiesis es su dominio cognitivo. Una posición similar es mantenida por Keijzer (2015), según el cual no habría necesidad de rebuscar conexiones entre cognición y organismos, puesto que es en ellos en donde podemos constatar empíricamente su existencia.

Esta idea, no obstante, no ha estado exenta de críticas. Principalmente porque el parear teóricamente vida y cognición, podría traer como consecuencia, que el poder explicativo requerido para distinguir las distintas formas y facetas de la cognición se pierda, haciendo indistinguibles dos fenómenos que siendo distintos deberían ser tratados como tales (Moreno *et al*, 1997).

Algunos académicos, de hecho, consideran que el dominio cognitivo debería concebirse como un dominio biológico claramente diferenciado del orgánico, de modo de permitir un análisis particular respecto de las propiedades de cada uno de estos fenómenos (Moreno, Merelo & Etxeberria, 1992; Etxeberria, Merelo & Moreno, 1994; Moreno, Umeréz & Ibáñez, 1997; Barandian 2006; en van Duijn *et al*, 2006). Desde una perspectiva de este tipo, el dominio orgánico se caracterizaría por sus reacciones metabólicas básicas, que se propagarían a otros comportamientos de orden metabólico. La idea, por lo tanto, es que lo que caracterizaría lo vivo, sería su *agentividad metabólica*, y no la cognición, que sería evolutivamente más tardía.

Moreno et al. (1997) afirman que el comportamiento sensoriomotriz en organismos sin sistema nervioso no sería más que una consecuencia intrínseca de sus funciones metabólicas. Según esta posición, sería el sistema nervioso el que permite un desacople dinámico desde patrones puramente sensoriomotrices, dando paso a una metaorganización controladora, dentro de una organización metabólica general, esta propuesta se conoce como ‘autonomía de la cognición’. En esta línea, Ruiz-Mirazo y Moreno (2004; en Aguilar, 2014) han propuesto que la capacidad intrínseca a un sistema complejo sería una autonomía biológica de nivel básico que le permitiría controlar el flujo de materia y energía a través de sí, de modo de poder regular los procesos internos de producción e intercambio que, a fin de cuentas, permiten la permanencia de la dinámica lejos del equilibrio termodinámico, pero esta sería la base de la vida, no de la cognición.

Parte de esta crítica ha sido respondida argumentando que, desde una perspectiva como la expuesta por Varela y Maturana (1973), el que todo sistema autopoietico sea inherentemente cognitivo, no implica que vida y cognición se conciban como fenómenos equivalentes, sino como íntimamente relacionados, o más bien tal vez, como imbricados, pues comparten algunas características esenciales (Maturana & Varela, 1993; van Duijn *et al*, 2006).

En lo que respecta a la autonomía de la cognición, la evidencia que ha aparecido a partir del comienzo de este siglo, ha ido sistemáticamente socavando el supuesto del sistema nervioso como requisito para la cognición. Aunque somos proclives a asumir, desde un punto de vista antropocéntrico, que los seres vivos nos parecen más evidentemente dotados

de rasgos cognitivos a medida que manifiestan conductas más similares a las nuestras, y por lo tanto, no es extraño que asociemos cognición con cerebro; una vez reflexionando sobre el asunto podríamos preguntarnos ¿por qué solamente el cerebro? Desde un punto de vista funcionalista, deberían haber múltiples posibilidades de engendrar las mismas capacidades, y de hecho, las características del tejido nervioso no tienen ningún tipo de propiedad mágica en este sentido (van Duijn *et al*, 2006), si uno quisiera entonces asignar al sistema nervioso una capacidad excluyente para realizar procesos cognitivos habría que explicar qué tipo de funciones podrían ser realizadas por él, pero no por ningún otro tipo de organización estructural (Ibídem).

En su lugar, ha ido cobrando fuerza la idea de que la evolución del sistema nervioso no tendría tanta relación con la evolución de habilidades cognitivas propiamente tales, sino con procesos de amplificación de habilidades que existirían incluso en seres unicelulares (Lengeler *et al*, 2000; Müller *et al*, 2001; Taylor, 2004; en van Duijn *et al*, 2006; di Primio *et al*, 2000; Lyon, 2005). En relación con estos estudios, y entre otros hallazgos, se ha descubierto que algunas capacidades cognitivas mínimas pueden ser encontradas inclusive en organismos procariontes, tales como la modificabilidad de la relación estímulo-respuesta, memoria, adaptación, e incluso cooperación (Keijzer 2015), sobre esto volveremos más adelante.

Otras de las críticas potentes que se le han realizado a la teoría autopoietica tienen que ver con la rigidez del determinismo estructural y con la adaptabilidad invariable, es decir, la idea de un procesos de respuesta sin alternativas, y de una adaptación siempre adecuada, respectivamente (Lyon, 2005). El argumento contra el primer supuesto es que respuestas sin alternativas implicarían procesos mecánicos no cognitivos, dado que carecerían de agentividad, mientras que en el segundo caso, su veracidad implicaría que los organismos no cometerían errores mediante dicha agentividad, lo que empíricamente es falso (Ibídem), por lo que un modelo de la cognición estrictamente ligada a la autopoiesis tendría algunas consecuencias teóricas inverosímiles. En este sentido, podríamos considerar el planteamiento de Varela y Maturana (1973) como la hipótesis fuerte sobre la relación entre cognición y vida, en relación a otras muchas, más débiles, que se han propuesto, dentro de

un mismo marco biologicista de la cognición. En este respecto es importante mencionar que hay aspectos respecto de la noción de autopoiesis que continúan siendo debatidos, y que, de hecho, Maturana y Varela mostraron varios desacuerdos también entre sí (Froese y Stewart, 2014; en Aguilar, 2014), en general, Varela (1993, 2000) pareciera no ser tan taxativo como Maturana y Varela (1973).

Otro punto de vista que es importante mencionar, es el expuesto por Tessera (2011), según el cual, más que preguntarnos acerca del origen de la vida, deberíamos preguntarnos acerca del origen de la evolución. La idea detrás de esta afirmación es que, en realidad, la vida no sería un concepto propiamente científico, sino más bien uno metafísico. La evolución, por su parte, en cuanto concepto científico válido, sí podría utilizarse para el estudio de sistemas complejos de tipo biológico, que podrían caracterizarse como sistemas abiertos, en permanente desequilibrio estructural, que como tal, permitirían un constante flujo de energía y materia, el que sería utilizado para mantener ese desequilibrio operante, y que serían capaces de autoreplicarse y heredar funciones relativamente independientes del ambiente local (Tessera, 2011).

He querido rescatar esta propuesta porque más que una negación de lo biológico, ideas como la anterior hacen un llamado hacia una gradualidad de la vida, en tanto no sería posible una distinción discreta entre lo que concebimos normalmente como inerte, y lo vivo. Esto ha sido resumido en el concepto de *tasa de vida (life ratio)* (Gershenson, 2012; Fernandez *et al*, 2014; en Gershenson, 2014), que ha encontrado un apoyo importante en teorías que centran su enfoque, respecto de la vida (y/o la cognición), en la manipulación de la información por parte de agentes, o grupos de ellos, constituidos funcionalmente como sistemas. Estas teorías, sobre un mundo concebible en términos informáticos, herederas de las ideas de Shannon (1948; en Aguilar, 2014), se han concentrado en el estudio del procesamiento computacional del material biológico y/o cognitivo, utilizando conceptos como entropía o neguentropía para caracterizar los procesos de auto-organización dentro de dichos sistemas (Prokopenko, 2014), y de ellas han derivado variadas formas de simulación en computadores y robots, que veremos más adelante, y han influido también en el entendimiento sobre los procesos cognitivos y comunicativos. Por ejemplo, Bara (2012), propo-

ne que la neguentropía, por su antinaturalidad, haría fácilmente identificable una señal (un mensaje), y por lo tanto, saliente cognitivamente. Otras propuestas en esta misma línea (la de la vida/cognición como una gradualidad), han postulado que las bases fundamentales de la cognición podrían rastrearse hasta fenómenos físico-químicos bastante básicos, como fluctuaciones termodinámicas en sistemas abiertos, o las interfases dinámicas que regulan el autoensamblaje molecular (Ikegami y Hanczyc, 2009), y que procesos, como los senso-motrices, serían solamente estabilizaciones de mayor complejidad del mismo tipo de procesos. Desde puntos de vista como estos, la problemática de la relación cognición-vida pierde sustancia, en la medida en que la noción de “lo vivo” no sería un criterio, o ni siquiera un parámetro, para la investigación acerca de lo cognitivo.

Podría resultar interesante detenerse a reflexionar sobre la similaridad entre ciertas funciones y propiedades consideradas como necesarias por Tessera (2011) y Maturana y Varela (1973), entre otras, para definir modelos que podrían considerarse como contrapuestos, lo que pareciera tener que ver con los marcos dentro de los cuales están situadas sus teorías, más que con los resultados de los estudios científicos basadas sobre las mismas. En este sentido, tal vez las ciencias cognitivas podrían ayudar a despejar la problemática respecto de la cognición y vida, al mismo tiempo que se verían beneficiadas por la inclusión de la perspectiva biológica.

Independientemente de la postura particular a la que adscribamos dentro de las que hemos presentado en este compendio de ideas, o de las que revisaremos a continuación, lo central es el cambio de perspectiva desde la cual se nos permite trabajar y elaborar planteamientos: la idea en común de lo biológico como un *continuum*, lo que aplicaría también para el fenómeno cognitivo.

Lo que quisiera recalcar aquí es que, aun cuando no podemos hablar de un consenso, ni nada cercano, respecto de los tipos de sistemas orgánicos que podemos considerar como cognitivos y los que no, sin siquiera abordar la discusión relativa a aquellos artificiales (Lyon, 2005), parece existir una bibliografía vasta, además de evidencia suficiente, como para adherir a la idea de que la cognición es una propiedad lo suficientemente arcaica como para atribuírsela solamente a organismos relativamente tardíos en la evolución, ya

sean estos sistemas computacionales, seres humanos, primates o mamíferos, por nombrar algunas de las categorías que alguna vez se han postulado.

Antes de pasar al siguiente apartado, y sin ser mi intención, dentro de este, ni defender, ni menos proponer un modelo definitivo de la cognición, ni de su origen, lo que excede por mucho los límites de este trabajo, quisiera presentar la noción de cognición que utilizaremos, junto con introducir una distinción conceptual que creo puede ser útil, pero no es muy común en la bibliografía:

i) A menos que se estipule lo contrario, entenderemos la cognición como la función que resulta de la interacción de todos los procesos biológicos de un organismo, no como una centralidad, sino como una emergencia.

ii) Asimismo, desprenderemos a partir de esta, la noción de *agentividad cognitiva*, haciendo una analogía con la relación entre metabolismo, y agentividad metabólica. Mientras cognición y metabolismo harían referencia a funciones emergentes a partir de un fenómeno de integración de diversas fuentes de información; agentividad cognitiva, tal como agentividad metabólica, tendría que ver con las acciones derivadas de dichas funciones.

Un breve resumen de lo visto hasta aquí, sería que, si bien no tenemos certeza acerca de un orden que relacione vida y cognición, si podemos asumir que su aparición sería muy temprana en términos evolutivos; de hecho, bastante más temprana que la aparición del sistema nervioso. En este sentido, el sistema nervioso sería sólo una de las múltiples maneras mediante las cuales se podrían amplificar ciertas capacidades cognitivas muy básicas, y por lo tanto, la nuestra sería sólo una de muchas formas posibles de un fenómeno cuya manifestación parece ser ubicua.

En el apartado siguiente introduciremos el concepto de *agentes mínimos cognitivos*, presentando algunos casos paradigmáticos (bacterias y plantas, entre otros), y a partir de lo mismo, revisaremos algunos aspectos acerca de la manera en que las capacidades cognitivas se manifiestan en estas especies.

2.2 COGNICIÓN MÍNIMA

Como vislumbramos en el apartado anterior, los principios evolutivos serían una condición fundamental para la explicación del fenómeno cognitivo, al menos desde un punto de vista biogénico. Esto porque las capacidades cognitivas obedecerían a un proceso evolutivo, en el que, mediante el principio de selección natural, a partir de formas muy simples de cognición, habrían ido surgiendo otras formas más complejas (Lyon, 2005). Estas formas más básicas, o elementales, de cognición, se han denominado formas de cognición mínima.

Basándonos en Calvo, Martín y Symons (2014), entenderemos la cognición mínima como la explotación de rasgos espaciotemporalmente dispersos, de características ambientales metabólicamente relevantes, y para lo que un organismo debe poseer, como mínimo, una organización sensoriomotriz organizada globalmente. Es importante observar que he excluido de esta definición la mención a las capacidades navegacionales, con base en evidencia que expondremos más adelante. Ahora, teniendo en cuenta esta definición, revisaremos algunos casos relevantes para profundizar en este concepto.

2.2.1 EL CASO DE LAS BACTERIAS

Como explica van Duijn *et al.* (2006), bien sabemos que las bacterias no cuentan con un sistema nervioso y, sin embargo, la mayoría posee mecanismos moleculares sensoriomotrices que cuentan con características semejantes en términos funcionales a estos. Uno de los hallazgos fundamentales en este sentido, es el del sistema de transducción de señales de dos componentes, o sistema TCST (*Two Component Signal Transduction*), cuya organización sensoriomotriz es autónoma, en términos puramente organizacionales, aun cuando dependa y exista gracias a una actividad metabólica que lo sostiene. El descubrimiento del sistema TCST fue la primera evidencia fehaciente de un mecanismo molecular de adaptación y memoria dentro de bacterias (Taylor 2004; en van Duijn *et al.*, 2006): un sistema sensoriomotriz flexible y organizado sin un sistema nervioso de por medio.

Otros estudios han mostrado que, a pesar de su organicidad relativamente simple, las bacterias pueden comunicarse complejamente entre sí para lidiar con un ambiente hostil. Las bacterias utilizan un sistema comunicativo químico especial conocido como Percepción de quórum, o autoinducción, mediante el cual intercambian información relevante y coordinan comportamientos multicelulares de conjunto (Crespi, 2001; Jacob, Becker, Shapira & Levine, 2004; Visick & Fuqua, 2005; Waters & Bassler, 2005; Shapiro, 2007; en Baluska y Mancuso, 2009). Es más, más estudios han mostrado que las bacterias son capaces de comunicarse no sólo entre ellas, sino con sus huéspedes eucariontes (Joint *et al.*, 2002; Joint, Tait & Wheeler, 2007; Leveau & Lindow, 2005; Federle & Bassler, 2003; Bassler & Losick, 2006; Hughes & Sperandio, 2008; Ibídem), que las señales de transducción que utilizan se asemejan a redes neuronales (Strassman, 2000; Velicer, Kroos & Lenski, 2000; Ibídem) y que, de hecho, pueden percibir, distintos parámetros de su ambiente (van Duijn, Keijzer & Franken, 2006; Ibídem), y que tienen comportamientos cognitivos e inteligentes (Hellingwerf, 2005; Hellingwerf *et al.*, 1995; Jacob, 1998; Ibídem). Todo esto refuerza la idea de que muchas de las características cognitivas más sofisticadas podrían tener su origen en niveles increíblemente arcaicos, por lo menos, a un nivel procarionte. Trataré en más detalle la comunicación bacteriana en la sección siguiente.

Posiblemente uno de los casos más ilustrativos, referente a cognición mínima en bacterias, es el descrito por van Duijn *et al.* (2006) relativo a la quimiotaxis (el movimiento, o la navegación en el espacio que realiza un organismo en respuesta a los estímulos químicos del ambiente) en *Escherichia coli*, la cual cuenta con el sistema TCST ya mencionado anteriormente. El funcionamiento de este sistema opera gracias a dos subsistemas distintos de vías de señalamiento de estímulos, que interactúan entre sí. El primero, que media la percepción, denominado vía perceptiva o de fosfotransferasa, que opera por reacciones de fosforilación de esta enzima, y un segundo, que media la adaptación, proveyendo retroalimentación a los receptores de la bacteria, denominado vía de metilación (la metilación es la adición de un grupo metilo (-CH₃) a una molécula) (Ibídem). En términos funcionales, el sistema opera del siguiente modo: mientras la vía perceptiva funciona mucho más rápidamente (en un orden de milisegundos), la vía de metilación funciona más lentamente, en un

orden de segundos, o incluso minutos. Estas diferentes escalas temporales en cuestión se relacionan y permiten ciclos retroalimentarios de comparación de los estímulos provenientes de la primera vía, que operan como “estímulos online”, con aquellos de la vía de metilación, que operan como memoria (Berg, 2000; Falke *et al*, 1997; Lengeler & Postma, 1999; Ibídem). Este control retroalimentario transiente le permite a la *E. coli* filtrar el ruido externo e independizar los *outputs* de los *inputs* inmediatos, permitiendo una adaptación mucho más eficiente con el medio (Yi, Huang, Simon & Doyle, 2000; Ibídem). En palabras aún más simples, el sistema TCST podría interpretarse como un sistema de regulación adaptativa, basado en la comparación de los elementos percibidos en el ambiente, con las condiciones internas de la bacteria: un sistema de memoria molecular que sobrepasa por lejos la pura idea de mecanismos de acción y reacción automáticos, generalmente atribuidos a este tipo de organismos¹.

Con base en lo anterior, uno podría apostar, a que los primeros organismos habrían sido gobernados puramente por reacciones metabólicas, que debieron ir evolucionando en razón de la evolución de sus sistemas receptores, para poder adaptarse más eficientemente a un ambiente cambiante (Bonner, 2000; en van Duijn *et al*, 2006), y que el sistema TCST habría surgido gracias a la integración de vías de señalamiento preexistentes que estaban ligadas en primera instancia al metabolismo, pero que luego, habrían evolucionado con otros propósitos (Alexandre & Zhulin, 2001; Bourret, Charon, Stock & West, 2002; en van Duijn *et al*, 2006). En otras palabras, el uso de vías con funciones sensoriomotrices puede haber sido el comienzo de una organización estructural dedicada a reaccionar según la dispersión ambiental de los requerimientos metabólicos, en lugar de sólo a los requerimientos en sí mismos.

Si aceptáramos la coordinación sensoriomotriz como el origen de la cognición, podríamos concebir la evolución de la cognición como una diferenciación y expansión progresiva e incremental a partir de esta habilidad (Keijzer, 2001). Aunque siendo tan grande el espacio entre, por decir, bacterias y el ser humano, quizás sería demasiado arriesgado

¹ En este sentido, podríamos atribuir a la bacteria al menos el poder computacional de una máquina de Turing.

suponer que este sea el único fenómeno en juego. Aun cuando aceptemos que estos principios sensoriomotrices subyacen todos los tipos de cognición, en una especie de tronco originario ramificado a lo largo de la historia evolutiva (haciendo un paralelo de lo sucedido en la evolución fisiológica), obviamente es necesaria mucha más investigación para entender mejor la posible evolución de la diferenciación cognitiva.

De lo que sí podemos tener certeza, es que situándonos en un plano temporal, incluso la comparación más mínima requiere un cierto grado de memoria, ya que a lo menos uno de los elementos, entre aquellos comparados, ya ha dejado de existir en la forma en que fue percibido (Lyon, 2005). Siendo así, por muy breve que pueda ser el “recuerdo” (y que, de hecho, en una escala temporal bacteriana podría no serlo tanto), la navegación quimiotáctica bacteriana es una muestra fehaciente de un sistema transiente de organización cognitiva de la conducta.

Un punto crítico que se desprende de lo revisado hasta ahora, es la diferencia entre un sistema metabólico y un sistema sensoriomotriz. La propuesta de van Duijn *et al.* (2006) es que el punto de partida más claro para la cognición mínima sería precisamente esta coordinación sensoriomotriz que necesita ser organizada. Otro, es que aun cuando haya una diversificación funcional, existe una interdependencia bioquímica entre las estructuras sobre las que se montan estas distintas funciones biológicas, por lo que separaciones de plano, entre acción y cognición parecieran ser improbables (Lyon, 2005). O sea, en una cara de la moneda tenemos una separación funcional, mientras que en la otra, la utilización compartida de las estructuras.

Junto con esto, el caso de la *E.coli* nos muestra como el comportamiento, incluso en sus formas más básicas es dinámico, situado y corporeizado. Corporeizado porque es determinado por las propiedades específicas del cuerpo de la bacteria (van Duijn *et al.*, 2006), dinámico porque evoluciona, o cambia, con el tiempo, y situado porque lo hace en relación a su medio.

Un último punto que podría ser relevante en este respecto es que muchas proteínas que median la neurotransmisión sináptica en cerebros, han sido encontradas también en bacterias (Tasneem *et al.*, 2005; Bocquet *et al.*, 2007; Baluska & Mancuso, 2009), lo que, si

bien no es en sí mismo un tipo de prueba de nada, sí da como para pensar acerca de una posible evolución ramificada de los procesos cognitivos, sobre esto volveremos un poco más adelante.

2.2.2 EL CASO DE LAS PLANTAS

Dentro del marco de estudio de posibles agentes cognitivos mínimos, una relativamente reciente postura, acerca de una hipotética cognición en plantas, ha cobrado fuerza en ciencias cognitivas. Si bien el sentido común nos dice que las plantas no calificarían dentro un grupo convencionalmente etiquetado como cognitivo, tal como tampoco lo harían *a priori* las bacterias, debido entre otras cosas a su falta aparente de movilidad no mecánica, en realidad, las plantas presentan variados comportamientos que pueden ser considerados como cognitivos: aprenden de la experiencia, lógicamente no modificando conexiones dendríticas (puesto que no cuentan con un sistema nervioso), sino desarrollando conexiones plasmodémicas; poseen además crecimiento orientado a metas, oscilaciones en su comportamiento gravitotrópico, y aclimatación a diferentes formas de estrés, entre otras formas de conducta basada en error y corrección (Trewavas, 2003; en Calvo, Martín & Symons, 2014). Se tiene evidencia además de otros variados ejemplos de comportamientos interpretables como cognitivos, tanto territoriales, puesto que las plantas son capaces de discriminar sus propias raíces de raíces ajenas (Schenk, Callaway & Mahall, 1999; *Ibídem*); como comunicativos (que revisaremos más adelante), es más, nuestra experiencia cotidiana debiera ser suficiente para tener certeza de que las plantas sí se mueven, aun cuando sea a escalas temporales muy distintas a las que acostumbramos a percibir.

Una nueva disciplina alentada por este tipo de descubrimientos, que se ha denominado *neurobiología vegetal* (o *neurobiología de las plantas*, del inglés: *Plant neurobiology*), argumenta que un hipotético aparato neurobiológico no basado en tejido nervioso es el que les permite a las plantas actuar de modo inteligente (Calvo, Martín & Symons, 2014). Este hipotético aparato neurobiológico de las plantas sería el encargado de transfor-

mar la información de parámetros como luz o gravedad, provenientes desde el exterior, en impulsos eléctricos, y luego, de convertir estas señales en información biológica mediante células especializadas (ubicadas principalmente en la llamada zona de transición), que inducirían subsecuentes cambios orgánicos, tal como sucede con la percepción humana del mundo a través de la codificación neural que media la señales sensoriales con las respuestas neuronales (Baluska & Mancuso, 2008).

Directamente implicado en la conducción neuroide² de la información, estaría el sistema de transporte de auxina (la hormona vegetal asociada al regulamiento del crecimiento de las plantas). La traducción de los gradientes de las fuerzas físicas en información biológica, se realizaría mediante dicho sistema, cuya función fisiológica es el transporte transcelular de auxina a través del cuerpo de la plantas (Friml, 2003; Baluska *et al*, 2006; Brenner *et al*, 2006; Baluska & Mancuso, 2008). Es central notar, que a pesar de que la auxina podría ser sintetizada en cada célula, las plantas la acarrearán célula por célula a lo largo de sus cuerpos, y que además, siendo la auxina una molécula lo suficientemente pequeña como para pasar sencillamente a través de los plasmodesmos (los canales que atraviesan las membranas celulares vegetales), las células vegetales previenen esto, mediante un sistema energéticamente costoso, utilizando en cambio, un sistema de tráfico vesicular, similar al de la comunicación intercelular inmunológica y neurológica, para el transporte intercelular de la auxina (Baluska *et al*, 2003, 2005; Friml & Wisniewska, 2005; *Ibídem*). Considerando lo anterior, pareciera plausible que la auxina, además de sus propiedades ligadas al crecimiento de la planta, posea propiedades neurotransmisoras que mediante este complejo circuito de vías de transporte, regulen la navegación de la misma con base en estímulos como luminosidad, temperatura, humedad, presión, o gravedad.

En línea con lo anterior, ha cobrado fuerza también la idea de un “cerebro-raíz”, ubicado en la ya mencionada zona de transición, la que estaría ubicada en el ápice de la raíz de las plantas, y que operaría en algunos casos como una especie de comando central. Esta idea proviene, en primer lugar, de las conjeturas de Darwin acerca de su función, y más

² funcionalmente similar o equivalente a aquella neuronal

modernamente, también del estudio de situaciones que requerirían “decisiones” centralizadas, como la floración, o el término de los procesos de hibernación (Shabala, 2006; *Ibíd.*), para los cuales se desconoce todavía algún sistema centralizado. La evidencia muestra que esta es la única área en las raíces de las plantas donde los campos y la actividad eléctrica son máximas, y donde se logra sincronización eléctrica (Masi *et al.*, 2009; en Calvo, Martín & Symons, 2014), además sería la encargada de la integración sensorial mediante el reciclaje de vesículas sinápticas (Baluska *et al.*, 2003, 2004, 2005; en Baluska & Mancuso, 2008), dicha integración no se limitaría a *inputs* sensoriales, sino además a estímulos endógenos, por lo que la percepción vegetal sería una función del conjunto de las energías globales en juego en el ambiente (Calvo, Martín & Symons, 2014).

Otro punto que vale la pena mencionar es que, tal como vimos un poco antes con las bacterias, en las plantas también se han descubierto algunas moléculas ya conocidas por sus funciones cognitivas en animales, este es el caso de metabolitos secundarios (metabolitos sintetizados también por el organismo, pero cuyo rol no tiene injerencia directa en el crecimiento, ni en la reproducción del mismo); esto es particularmente interesante, puesto que los metabolitos secundarios no son estrictamente necesarios para la supervivencia de un organismo, lo que los hace un claro candidato como sustrato de la actividad cognitiva (Iriti, 2013). Se ha descubierto la presencia de indolaminas (melatonina y seronina) y de catecolaminas (dopamina, norepinefrina y epinefrina) en plantas, lo que hace un poco cuestionable la idea de una dicotomía total entre metabolitos secundarios animales y vegetales (*Ibíd.*).

Uno de los cuestionamientos más fuertes que ha recibido esta nueva disciplina ha sido de parte de Alpi *et al.* (2007), quienes afirman que no hay evidencia de estructuras tales como neuronas, sinapsis o un cerebro en plantas, y aun cuando reconocen que las plantas comparten características con todas las células biológicas, tales como potenciales de acción, o sustancias de tipo neurotransmisoras, entre otras; afirman que estos principios moleculares generales aplicables a ambos grupos, no implican *a priori* que estructuras comparables de señalamiento existan a niveles celular, de tejido, o de órganos, puesto que,

hasta el momento, un análisis riguroso basado en el conocimiento actual de la fisiología animal y vegetal, biología celular, y señalamiento eléctrico, no arroja evidencia certera de tales estructuras (Ibídem).

Estos cuestionamientos han sido rebatidos argumentando que el que no existan estructuras iguales, no quiere decir que no haya cognición, puesto que lo fundamental es que se cumplan funciones semejantes (Baluska, Mancuso, Brenner, Stahlberg & Volkenburgh, 2007), y que las comparaciones hechas por Haberlandt o Darwin, al comparar el señalamiento de la Mimosa con el señalamiento animal, o al conjeturar que la raíz de la planta realiza tareas complejas similares a las de un cerebro, respectivamente, tampoco pretendían comparar estructuras desde un punto de vista puramente fisiológico (Haberlandt, 1890; Darwin, 1880; Ibídem). Otro argumento es que los potenciales de acción en plantas son conocidos desde hace más de 100 años, pero que aún no se sabe casi nada respecto de su propósito biológico, por ejemplo, los girasoles son capaces de propagar dichos potenciales a distancias de 0.3 metros, es decir a lo largo de más de mil células, y que la mejor manera de la que se dispondría para analizar estos fenómenos es relacionando estos fenómenos con nuestro conocimiento de aquellos del reino animal (Ibídem).

Otras aprehensiones, más superfluas tal vez, tienen que ver con la terminología utilizada por los adherentes de la neurobiología vegetal. Según Calvo, Martín y Symons (2014), esto tendría que ver con un uso de un lenguaje antropomórfico relacionado con las características sistemáticas de la conducta de las plantas, que representarían asomos de inteligencia infralingüística en escalas temporales muy lentas, pero del mismo tipo que observamos en animales de “nivel superior”. Uno podría suponer además, que para organismos como una planta, sobre todo para grandes grupos de plantas, que es como se desarrollaron la gran mayoría de estas especies por miles de años, cambios demasiado rápidos o demasiado frecuentes podrían haber resultado contraproducentes, en seres que no poseen capacidad de desplazamiento. En este sentido, la vida en esta escala temporal les habría conferido una mayor estabilidad y resistencia a diferentes ambientes. También es de suponer que lógicamente existirán discusiones de nomenclaturas debido a los préstamos terminológicos interdisciplinarios en el caso de una disciplina naciente, pero la neurobiología vegetal es la

única disciplina que actualmente se ha aproximado a una explicación de la comunicación entre plantas, o de estas con otros organismos, y a una explicación de hasta qué punto este sería un proceso centralizado, descentralizado o algo intermedio (Baluska, Mancuso, Brenner, Stahlberg & Volkenburgh, 2007).

2.2.3 ALGUNAS CONCLUSIONES

Comúnmente pensamos en las formas de cognición humanas como las más importantes dentro de la variedad de casos cognitivos posibles, y por lo mismo, olvidamos que la naturaleza biológica de los organismos es, realmente, el componente fundamental de nuestras capacidades cognitivas (Keijzer, 2015), esta naturaleza, es además compartida por todos los organismos de los que tenemos registro.

Los casos que hemos examinado son sólo dos, dentro de otros muchos de agentividad cognitiva no considerada clásicamente como tal. Aunque no profundizaremos en otros casos, puesto que no es este el objetivo específico de este trabajo, sí quisiera, al menos, mencionar algunos bien conocidos, como, por ejemplo, el de los animales sésiles, es decir, aquellos que no cuentan con un medio para transportarse o sostenerse por sí mismos, y que generalmente crecen adheridos a otras estructuras, como muchos moluscos, corales, o los placozoos, y en base a los cuales eliminamos de la definición propuesta por Calvo, Martín & Symons (2014), el requerimiento de una capacidad navegacional. Tanto en corales como en placozoos (*Trichoplax*), se ha encontrado, mediante análisis genómicos, una complejidad neuronal inesperada y sorprendente para este tipo de animales (Kortschak et al, 2003; Technau et al, 2005; Burke et al, 2006; Materna & Cameron, 2008; Srivastava, Begovic & Chapman, 2008; Pennisi, 2008; en Baluska & Mancuso, 2009). Los animales multicelulares sésiles muestran muchas de las denominadas características específicas de las plantas (la misma forma de vida sésil, su plasticidad fenotípica, zonas de crecimiento apical, etc) (Ibídem), de lo que podríamos hipotetizar que las profundas diferencias (cognitivas y otras) entre plantas y animales provienen más bien de sus estilo de vida, que del surgimiento de un aparato cognitivo único a causa de un sistema nervioso, que para los animales no sésiles,

es necesario para controlar justamente su desplazamiento. Tomando esto en consideración, el cisma aristotélico entre plantas y animales se vería, a lo menos, bastante debilitado (Taylor, 1972; Ingensiep, 2001; Ibídem). En esta misma línea, la conducción neuroide (Mackie, 1970; en Calvo, Martín & Symons, 2014) se aplica a protistas, plantas y variados animales igualmente, en cuanto todos cuentan con células no neuronales con propiedades de señalamiento eléctrico. Esto sería una prueba más, a favor de que la falta de un sistema nervioso no es un problema para la cognición desde un punto de vista ecológico (Calvo, Martín & Symons, 2014). Otra idea importante, es que tal como atisbamos en el primer apartado, pareciera ser que las capacidades cognitivas, tal como su historia evolutiva, son entendidas más sencillamente una vez puestas en términos de las necesidades biológicas de los seres vivos, como la de asegurar sus necesidades energéticas (Lyon, 2005), o mantener determinadas condiciones homeostáticas internas.

Un último punto que quisiera rescatar antes de pasar al apartado siguiente, es que, tomando en cuenta que los sistemas biológicos que hemos examinado, plantas, bacterias, así como neuronas y tejidos cerebrales, experimentan activamente su ambiente tanto biótico como abiótico, memorizando esta información en forma de conocimiento corporeizado (Kovac, 2007; Kovac, 2008; Kaufman, 2008; en Baluska & Mancuso, 2009) por medio de la reconfiguración de sus estructuras fenotípicas, y que esto da paso a configuraciones diferenciales que moldean sus desenvolvimientos en este ambiente. Siendo así, podemos decir que estos organismos se definen más por su desarrollo en un medio particular, que por su información genética predeterminada, o por lo menos, con una influencia importante de ambos componentes. E igualmente, que así como vemos desarrollos abiertamente plásticos *top-down* en plantas, en base a respuestas a información no genómica, también el desarrollo de las neuronas y del cerebro debería estar determinado según un componente poderoso experiencial *top-down* (Beck & Yaari, 2008; Cohen & Greenberg, 2008; De Bello, 2008; Sjöström, 2008; Ibídem).

2.3 EVOLUCIÓN COGNITIVA

Probablemente la razón detrás de la evolución de la cognición en general, tal como sucede con la cognición mínima, esté relacionada profundamente con factores metabólicos. Es el siempre presente problema de la supervivencia en el planeta. Siendo así, las diferentes maneras en que los seres vivos se han ido adaptando para su reproducción, o la búsqueda de alimento, entre otros, debe haber marcado las maneras en que se ha desarrollado su cognición. Las soluciones a los problemas pueden ser infinitas, pero cada una de ellas se evidencia una forma única de respuesta, fisiológica y cognitiva. A continuación revisaremos una serie de casos, enfocados en animales, puesto que es la evidencia con la que se cuenta hasta el momento, que apuntan a la cognición como una propiedad cambiante, pero que comparte muchos aspectos en diversas especies.

La disciplina denominada psicología comparada (o cognición comparada, o psicología comparada de la cognición) ha sugerido que las distintas especies comparten no solamente una historia biológica (fisiológica), sino también una psicológica (cognitiva), y que esta evolución psicológica de las especies también podría influir en la selección natural, en cuanto las mentes, tanto como los cuerpos, deben adaptarse a los ambientes en que habitan (Beran *et al.*, 2014). Es posible que conceptos como *mente*, o *psicología* aplicada a animales nos puedan resultar un poco fuertes, pero sucede que, tal como en las ciencias cognitivas, lo que podríamos englobar con el nombre de fantasía de etología cognitiva, tiene su propio debate respecto de posturas biocéntricas versus antropocéntricas. Como bien explica Shettleworth (2012), mientras el enfoque tradicional psicológico y antropocéntrico se enfocaría en el estudio de los procesos cognitivos de animales, en cuanto estos puedan develar procesos similares en humanos, el enfoque biologicista se preocuparía de estudiar los mecanismos cognitivos subyacentes a los comportamientos ecológicos en la naturaleza. Y así, mientras algunos autores como Wasserman (1993), defienden expresamente la idea de esta disciplina como la comparación de las habilidades cognitivas de otros animales con aquellas humanas, otros sostienen que una aproximación sería a fenómenos como la evolución y

el desarrollo debe realizarse incorporando las ciencias cognitivas y la biología (Tommasi, Nadel & Peterson, 2009).

Aun cuando, lo que hemos desarrollado hasta ahora está en línea claramente con la segunda corriente investigativa, revisaremos trabajos provenientes de ambas propuestas, en primer lugar porque lo que intentamos resaltar aquí es la noción de un desarrollo evolutivo diferenciador compartido, por sobre una determinada postura fuera de nuestro campo de trabajo, y además, porque los estudios provenientes de la corriente antropocéntrica nos resultaran también útiles en más adelante.

Tomaremos como referencia, para los propósitos de este apartado, la definición de cognición de Dukas (2009) como el conjunto de rasgos relativos a la adquisición, retención y uso de información que ayude a un individuo a sobrevivir y reproducirse, tomando en cuenta además, lo que hemos desarrollado hasta este punto, es decir, la noción de cognición como una propiedad arcaica que ha ido evolucionando a lo largo de la historia de los organismos en el planeta, y la de comunicación como una capacidad derivada de la misma.

Un buen punto de partida para una revisión de cognición comparada puede ser el origen del pensamiento numérico. En este respecto, se piensa casi definitivamente que el número es un elemento saliente cognitivamente, y que los animales lo utilizan bajo muchas circunstancias (Brannon & Roitman, 2003; Gallistel & Gelman, 2000; Pepperberg, 2006; en Beran *et al*, 2014). Distintos estudios sugieren que tanto, peces (Agrillo *et al*, 2007; en Brannon & Cantlon 2009), salamandras (Uller *et al*, 2003; en *Ibíd*em), palomas (Roberts, 1995; en *Ibíd*em), mapaches (Davis, 1984), ratas (Meck & Church, 1983; en *Ibíd*em), chimpancés y monos Rhesus (Beran & Beran, 2004; Beran 2004; en *Ibíd*em), como humanos infantes, y humanos adultos, con y sin lenguaje numérico (Moyer & Landauer, 1967; Campbell & Epp, 2004; Dehaene *et al*, 1993; Takahashi & Green, 1983; Pica *et al*, 2004; en *Ibíd*em), comparten un sistema evolutivo y primitivo en términos de desarrollo que les permite un razonamiento numérico a nivel cognitivo y neurológico radio-dependiente y que obedece a la ley de Weber (Brannon & Cantlon, 2009). Es más, el desempeño de animales en varias tareas cuantitativas es bastante similar al de niños pequeños, e incluso, en algunos

casos, al de (humanos) adultos (Cantlon & Brannon, 2006; Cordes, Gallistel, Gelman, & Whalen, 2001; Menzel, 1960; Tomonaga & Matsuzawa, 2002; Whalen, Gallistel, & Gelman, 1999; en Beran *et al*, 2014). Se ha podido observar además, que aun cuando la capacidad numérica humana es por lejos mayor, puesto que los animales no pueden contar, o no al menos sin esfuerzos inmensos y usando rutinas inculcadas, y aún así con desempeños inferiores a los de niños de 4 ó 5 años (Beran & Rumbaugh, 20001; Boysen & Berntson, 1989; Matsuzawa, 1985; Pepperberg, 1994, 2012; Pepperberg & Carey, 2012; Pepperberg & Gordon, 2005; en Beran *et al*, 2014), existe una cierta continuidad entre la mente humana y la del resto de los animales en las habilidades numéricas (Brannon & Cantlon, 2009).

Sobre el razonamiento lingüístico-numérico y otros parecidos, específicos al ser humano, nos detendremos más adelante, en el apartado de lenguaje y cognición, por ahora profundizaremos en animales y sólo mencionaremos estudios en humanos como comparación, para afirmar el punto en discusión (a saber, que la cognición en general y muchos de sus subprocesos no son exclusivos al ser humano, sino que tienen un sustrato constatable muy anterior).

Otras habilidades que se creen relacionadas con la capacidad numérica se han probado operantes sobre los mismos fundamentos cognitivos, entre ellas congruencia semántica basada en tamaños o distancia en humanos y otros primates (Cantlon & Brannon, 2005), variables continuas como temporalidad en palomas, ratas, humanos, y otros primates (Church & Meck, 1984; Fetterman, 1993; Meck & Church, 1983; Roberts, 1995; Roberts & Boisvert, 1998; Roberts *et al*, 2000, 1995, 2002; Roberts & Mitchell, 1994; Santi & Hope, 2001; en Brannon & Cantlon, 2009), y adición no lingüística en humanos y otros primates (Barth *et al*, 2004; *Ibíd*em). Todo lo anterior pareciera evidenciar que existe un sistema de habilidades aritméticas que serían parte de un conjunto más amplio de habilidades de razonamiento numérico, que incluso puede ser utilizado en discriminaciones que pueden realizarse mediante variables menos abstractas, y por lo tanto, en teoría menos complejas, como el tamaño de un área (Brannon & Cantlon, 2009). Estudios en elefantes asiáticos muestran

que estos pueden llevar la cuenta de una cantidad de elementos mucho mayor que los primates, incluido el ser humano, en su memoria de trabajo, y que pueden realizar juicios de de disparidad y de magnitud respecto de los mismos. En este caso, se piensa que esta capacidad numérica inusual podría estar relacionada con la necesidad de los elefantes de monitorear y coordinar el movimiento de sus extensas familias (Byrne, Bates & Moss, 2009).

Basándose en estudios como los recién presentados, se ha hipotetizado sobre la existencia de un sistema psicológico de *representación* numérica, de naturaleza análoga, primitivo, e independiente del lenguaje. Intrigantemente, se ha comprobado, inclusive en estudios en humanos adultos, que esta capacidad sería independiente de la modalidad sensorial en la cual el estímulo es percibido (Barth *et al*, 2003; en Brannon & Cantlon, 2009). Actualmente se cree que lo más probable es que esta capacidad haya evolucionado antes de que los humanos hayan divergido evolutivamente de los otros primates, y probablemente mucho antes, dada la cantidad de especies involucradas (Brannon & Cantlon, 2009). Todo esto pareciera reafirmar la idea de la cognición como fenómeno biológico, en cuanto se manifiesta en diversas formas de vida, mediante rasgos compartidos, que irían especializándose en función de las necesidades de las especies.

Otro ejemplo de evolución cognitiva que podemos considerar es el de la atención desde un punto de vista adaptativo, específicamente la atención limitada o focalizada (*limited attention*).

En primates, la evidencia de atención focalizada proviene principalmente de tres ámbitos, i) Aproximadamente el 60% del neocortex tiene funciones visuales, y sin embargo, solo el 0,02% de la información percibida por los ojos y el 1% de la información transmitida al cerebro por el nervio óptico es atendida en un momento dado ii) En humanos la “cantidad” de atención dedicada a una tarea secundaria, y el rendimiento, están negativamente correlacionadas según el grado de atención necesario para realizar una tarea principal. iii) Estudios comparativos de monitoreo electrofisiológico cerebral entre humanos y monos, han mostrado que el encontrarse frente a tareas difíciles de detección de estímulos, se asocia a una respuesta aumentada de las neuronas encargadas de procesar esos estímulos

(Dukas, 2009). Para otros animales, aun cuando no existen estudios de este tipo, sí hay modelos de atención limitada y de sus posibles ventajas y desventajas.

En relación con lo anterior, el modelo de predación de Stephens y Krebs (1986), que en palabras simples, asume que los cazadores intentan maximizar la tasa de ingreso de energía, o sea, la cantidad de energía asimilada mediante una comida, menos la energía utilizada para lograr comer., es utilizado por Dukas y Ellner (1993), quienes extienden este modelo incorporando la probabilidad de que el cazador pueda efectivamente detectar a su presa en primer lugar. Dicha probabilidad estaría correlacionada positivamente con la cantidad de atención necesaria por parte del predador, hasta el punto de que para presas muy crípticas, el modelo predice que el predador se verá obligado a focalizar su atención en una sola presa, o en alguna característica en particular de un tipo de presa, ignorando el resto, en lo que se ha llamado el modelo de predación atencional (*attentive prey model*), (Dukas, 2014). En este sentido, el modelo plantea algo que es bastante intuitivo, antes de cazar es necesario poder ver a la presa, pero sabiendo que en la naturaleza existe una danza permanente de cambios, la atención requerida puede ser bastante, descuidando entonces los predadores otros aspectos de su contingencia. De hecho, la contraparte de este modelo es la necesidad de los predadores de balancear la atención puesta en encontrar la presa con la necesaria para su comportamiento antipredatorio (Lima & Dill, 1990; Lima, 1998; en *Ibídem*); varios estudios (aun cuando no todos centrados en atención focalizada) sugieren que la muerte por atención focalizada es común (Skals *et al*, 2005; Hebets, 2005; Milinski & Heller, 1978; Metcalfe *et al*, 1987; Krause & Godin, 1996; en *Ibídem*).

Ahora bien, lo más obvio sería preguntarse por qué entonces la evolución no ha incorporado capacidades atencionales mayores. Clarks y Dukas (2003) sostienen que la capacidad atencional, además de sus evidentes beneficios, trae consigo un cerebro más grande y con base en lo mismo, un costo energético mucho mayor, por lo que, fundamentándose en parámetros realistas, concluyen que la estrategia óptima sería una capacidad atencional baja, combinada con una asignación eficiente de atención focalizada, lo que ayudaría a balancear la necesidad de procesar grandes tasas de flujo de información y el costo de mantener el tejido neuronal (Clark & Dukas, 2003; Dukas, 2004a; en Dukas,

2004). Algunas de las características evolutivas que ayudarían a paliar la escasa capacidad atencional serían, entre otras, la lateralización cerebral, la selectividad atencional, o el aprendizaje por entrenamiento, que han sido bien documentadas en humanos (piénsese en la necesidad atencional para tocar un instrumento) y otros animales evolutivamente más tardíos.

Otro caso que quisiera abordar, es el de la cognición social en animales. Si bien la experimentación psicológica estuvo muchos años enfocada en las capacidades cognitivas de animales aislados de sus redes sociales, con el cambio de enfoque hacia un estudio exhaustivo de la cognición, se ha enfatizado la importancia del estudio del dominio social, por lo que el campo a cobrado mucha relevancia en los últimos años (Beran *et al*, 2014).

Como es de suponer, la especialización cognitiva de las especies será dependiente del estilo de vida de los individuos que la conforman (como también retroalimentariamente favorecerá determinados estilos de vida), de este modo, la complejidad social de una especie debería ir de la mano con los requisitos cognitivos necesarios para desenvolverse en su medio. Así, para los individuos de especies que cuentan con grupos sociales relativamente más estables, de más largo plazo, con un mayor número de individuos, o con más grados de jerarquías internas, la capacidad de reconocer y memorizar estos patrones, será un elemento clave en su vida social (Ibídem), de hecho, muchas de sus habilidades cognitivas, resultarán de una extensión de estas variables, por lo que, en realidad, la cognición social no sólo repercutirá en sus habilidades sociales, sino que en las de su vida en general. Gran cantidad de teorías y datos, en efecto, sugieren que la vida en redes sociales extensas, suele fomentar una sofisticación cognitiva (Byrne & Bates, 2007; en Byrne, Bates & Moss, 2009).

Los casos de estudio de inteligencia social paradigmáticos han sido realizados en primates; a pesar de esto, existe literatura en aumento relativa a grupos de aves y a mamíferos no primates que sugiere que variadas especies poseen, en distintos grados, inteligencia social (Beran *et al*, 2014). Comentaremos brevemente algunos contraste de cognición en elefantes versus primates y a continuación el caso de uso de herramientas por parte de cuervos de Nueva Caledonia.

Tomasello y Call (1997; en Byrne, Bates & Moss, 2009) mostraron que simios y monos pueden realizar variadas tareas de discriminación de características naturales y artificiales y de categorización, esto también ha sido demostrado en otras especies como palomas y ratas. Los elefantes no difieren de esta tendencia, es más, existe evidencia que prueba que los elefantes pueden crear subcategorías (de humanos, por ejemplo) basándose en categorías aprendidas. Algo más característico de los elefantes es su extensa capacidad de señalamiento: se han documentado más de cien configuraciones gestuales comunicativas, junto con vocalizaciones y señales químicas, lo que sugiere capacidades de reconocimiento y clasificación bastante sofisticadas (Byrne, Bates & Moss, 2009).

Una de las propuestas para explicar las capacidades cognitivas de los elefantes ha sido que esta se debe a la complejidad de sus grupos sociales. Las familias de elefantes viajan juntos en grandes grupos de fisión-fusión, pudiendo agregar miembros de otras familias, o separarse en grupos regulares más pequeños (Byrne, Bates & Moss, 2009). Interesantemente, otras especies que cuentan con patrones sociales parecidos, además de varios primates, son las orcas, las ballenas y los delfines, y en todos estos, al igual que en los elefantes, se ha documentado capacidades comunicativas más flexibles y sofisticadas (Griebel & Oller, 2003), lo que apunta a una correlación bastante factible. Dos puntos interesantes se desprenden de lo anterior, en primer lugar, refuerza la idea de una relación entre la sofisticación de la comunicación como precursora de capacidades cognitivas más complejas, y en segundo lugar, sugiere que la aparición de capacidades cognitivas potentes, no requiere de un “estilo cognitivo” particular, ya que las especies en cuestión difieren bastante en este aspecto, ya que, si es que las habilidades de los elefantes se asemejan en cierto modo, por ejemplo a las nuestras, podemos estar seguro que esto se debe a una evolución convergente y no a una retención primitiva de capacidades comunicativas (Byrne, Bates & Moss, 2009). Algo que puede ayudarnos a ejemplificar estos estilos cognitivos diferentes puede ser los distintos resultados documentados respecto a conductas de engaño y manipulación, bastante corrientes en primates (Byrne & Withen, 1988; de Waal, 1982; en Byrne, Bates & Moss, 2009), pero inexistentes, o al menos indocumentados hasta hoy en poblaciones de elefantes salvajes, lo que ha llevado a concluir que este tipo de estrategias no serían apropiadas a la

vida social de los mismos (Byrne, Bates & Moss, 2009), o que habría factores que están siendo ignorados.

Un último caso que vale la pena mencionar es la reflexión acerca del uso de herramientas por cuervos de Nueva Caledonia expuesta por Shettleworth (2012). Poblaciones de estos cuervos le dan forma (de tipo de gancho o cuñas) a hojas de palma para sacar a sus presas de los troncos, estas formas, no obstante, varían según las poblaciones, por lo que se ha sugerido que las técnicas para la elaboración de las herramientas podría ser transmitida culturalmente (Holzhaider, Hunt & Gray; 2010; en Shettleworth, 2012). Un experimento que ha ayudado a dilucidar el fenómeno detrás de este comportamiento se basó en mostrar a dos cuervos el uso controlado de la herramienta, mientras que a otros dos no, esperando un adelanto por parte de los que habían sido “entrenados”, sin embargo, se constató que los cuatro cuervos comenzaron a insertar ramas en hoyos a la misma edad (Shettleworth, 2012). La conclusión a la que se llegó, fue que este, y otros usos de herramientas documentados en varias especies, tendrían que ver, no con una capacidad cognitiva especial relacionada con herramientas, sino que con una tendencia precursora al uso de las mismas. Esta propensión, causante de comportamientos de ensayo y error, confluiría con interacciones entre cuervos jóvenes y adultos que ayudarían a su perfeccionamiento (Ibídem). En este sentido, el comportamiento cognitivo de estos cuervos no sería ni totalmente innato, ni cultural, sino una mixtura entre predisposiciones genéticas potenciales, que emergen y se desarrollan en relación con su medio.

3. COMUNICACIÓN, LENGUAJE, SISTEMATICIDAD

Un factor fundamental de la evolución de la cognición es la interacción comunicativa de los organismos, sobre todo el desarrollo de las señales comunicativas. Como veremos a continuación, la evolución comunicativa de cada especie pareciera ir de la mano con la necesidad de modificar la conducta de los individuos en relación a un contexto específico, dependiendo de las capacidades, o preferencias cognitivas que haya desarrollado cada especie en cuestión.

La cognición y la comunicación se nos presentan como fenómenos bastante imbricados, en cuanto la segunda podría ser considerada como una forma particular de reacción a los estímulos del ambiente en el que un organismo se encuentra situado, pero que es capaz de modificar también los procesos cognitivos generales. Tomando esto en consideración, más abajo caracterizaremos algunos de los principales aspectos del fenómeno comunicativo en diferentes especies, para luego arribar al caso del ser humano y el desarrollo del lenguaje. Finalmente en el apartado de sistematicidad revisaremos algunas ideas que podrían colocar en un sentido evolutivamente ordenado la relación entre comunicación y lenguaje.

3.1 COMUNICACIÓN

Tal como ha sucedido con la cognición, las descripciones del fenómeno comunicativo, en su mayor parte, han tenido su punto de partida en las habilidades humanas, y aun cuando, en este caso, la investigación se ha ampliado mucho más, y sabemos de formas de comunicación de muchos más tipos de seres vivos que la nuestra, los modelos teóricos, en su mayoría, cuentan aún con un sesgo en las expectativas de dichas investigaciones. En este sentido, en las últimas décadas se ha ido haciendo más patente la necesidad de una empresa comparativa de la comunicación, que sea genuinamente interdisciplinaria, y que ayude a crear un marco común amplio entre disciplinas y una noción aplicable interespecies (Oller & Griebel, 2004).

Utilizaremos la definición de señal de Maynard Smith & Harper (Maynard Smith & Harper, 2003; en Griebel & Oller, 2008) según la cual una *señal* es una acción o característica coevolucionada entre emisor y receptor, en donde, por lo general, ambos resultan beneficiados de este intercambio. Una parte importante de esta definición tiene que ver con el beneficio mutuo de los organismos, puesto que de no ser así, difícilmente la señal sería naturalmente seleccionada, ni perduraría en el tiempo y, por ende, no tendría la posibilidad de estabilizarse. Otra definición importante es la de *pista (cue)*, un estado o acción que puede ser percibido/a y utilizado/a para guiar la acción de otro organismo, pero que no ha evolucionado, ni se ha especializado con ese fin (Ibídem). La “interpretación” de pistas es lo que Bara (2003) denomina extracción de información, y bien hace la acotación de que, en este caso, la condición del emisor no tiene injerencia sobre la pista (podría bien el organismo estar muerto y aún así otro organismo extraer información de él). Actualmente se cree que las señales evolucionan a partir de rasgos o de acciones que originariamente comienzan siendo pistas (Griebel & Oller, 2008).

Tanto las señales como las pistas caen dentro de la noción de comunicación de Bara (2003), sin embargo, y tal como sucede con Calvo, Martín & Symons (2014), su idea de comunicación, requiere de la noción de intencionalidad. El problema con esto es que la noción de intencionalidad es clara (hasta cierto punto al menos) en seres humanos, pero no lo es para otros organismos, especialmente para organismos más simples (¿podríamos atribuir intencionalidad a una colonia de bacterias, o a corales, por ejemplo?). Y a pesar de esto, ya hemos atisbado, y seguiremos revisando más adelante, claras muestras de procesos comunicativos en organismos simples como estos.

Como decíamos, las señales se asientan gracias al beneficio que obtienen los organismos que las utilizan para comunicarse, su función comunicativa se especifica mediante procesos coevolutivos gracias a la ritualización de un patrón que, a su vez, evoluciona para hacerse cada vez más fácilmente reconocible, esta función es fija y forma un acoplamiento señal-función (Griebel & Oller, 2008). De lo anterior, podemos entrever otras dos cosas importantes. En primer lugar, como las posibles variaciones en la emisión de la señal no pueden alterar su función, sólo pueden traer consigo dos resultados; el primero, que la señal

se haga inentendible para el receptor, o que, siempre y cuando las variaciones sean decodificadas sólo como gradaciones en la intensidad de la misma, la señal porte consigo cierto componente de mayor o menor urgencia (el volumen en un sonido de alerta, o la tasa de transmisión de proteínas, por ejemplo), es decir, cualquier grado de flexibilidad contextual queda estrictamente limitada al “cuánto”, pero el “qué” es fijo³ (más adelante veremos que en el caso humano este “qué” sí cambia). En segundo lugar, las señales deben ser “aprendidas”, deben tener sentido, en el desarrollo de los organismos, aun cuando la posibilidad de emisión y recepción de estas tenga lógicamente una base filogenética, que probablemente también evolucione en relación a estas.

Como ha sido la tónica de este trabajo, comenzaremos describiendo los casos más simples. Revisaremos, por lo mismo, un fenómeno bien conocido de comunicación en colonias de bacterias.

Antes se concebía la existencia procarionte como de bacterias que vivían y funcionaban unicelularmente, limitadas a respuestas a estímulos físico-químicos (como la navegación quimiotáctica que vimos más arriba); no obstante, esta visión se ha reconocido actualmente como extremadamente simplista, puesto que las bacterias son capaces de comunicarse entre sí, gracias a señaladores orgánicos conocidos como autoinductores, por medio de señales intercelulares (Reading & Sperandio, 2005). El proceso de señalamiento bioquímico a través del cual las bacterias se comunican se conoce como *Quorum Sensing* (QS), o percepción de quórum, el que en presencia de una biomasa suficiente, les permite establecer diversos mecanismos de interacción y regulación, como la producción de metabolitos secundarios, o de factores de virulencia, entre otros, y que son específicos dependiendo del tipo de microorganismo (Román & Ramírez Rueda, 2013).

En un estudio sobre la bacterias Gram-positiva *Staphylococcus aureus*, realizado por Pollit *et al.* (2014), los autores concluyeron que tal como sucede con las bacterias Gram-negativas (puesto que hasta el momento la evidencia más fuerte provenía sólo de

³ Parece relevante mencionar aquí la antigua distinción entre sistemas analógicos (o continuos) y digitales (o discretos): modulaciones como las descritas serían de naturaleza analógica, de no ser así serían interpretadas como señales distintas, y por ende, como significados distintos.

estudios en bacterias de este tipo, especialmente de *Pseudomonas aeruginosa*, cuya evolución de QS ha seguido una línea completamente diferente (Ibídem)), el crecimiento y la virulencia de esta bacteria depende de factores comunicativos-cooperativos que condicionan y regulan la expresión de determinados rasgos genéticos según las condiciones del ambiente. Una de las conclusiones importantes a partir de esto, es que, a pesar de haber pasado por distintos y largos procesos evolutivos, la comunicación bacteriana pareciera ser un fenómeno universal.

Otros fenómenos interesantes que pueden ser etiquetados como comunicativos en procariontes son algunos tipos de transferencia de información genética como la *conjugación*, mediante la cual estas transmiten partes de su ADN a su coespecíficas, dándoles acceso a información relativa a formas de reacción a cambios ambientales, como la posible presencia de químicos tóxicos, antibióticos u otros; o la entrega de material genético mediante la *fusión* de la membrana plasmática de un apéndice de una *donante*, con la membrana de otra *receptora*, mediante este procedimiento el ADN de la primera es inyectado en la segunda, modificando su información genética y por lo tanto su potencial comportamiento (Muller & di Primio, 2010) y sus oportunidades de supervivencia.

Claramente, y en términos de lo que hemos visto hasta acá, el tipo de comunicación en bacterias es puramente de señalamiento, en el que el único factor variable en relación al contexto es la intensidad de las señales, en este caso, mediada por la concentración de los autoinductores. Otro ejemplo del mismo fenómeno es el de comunicación en plantas: Las plantas pueden comunicarse tanto con co-específicas, como con miembros de otras especies, a través de la liberación de componentes volátiles orgánicos que causan modificaciones en el comportamiento de los organismos receptores (Baldwin *et al*, 1999; en Calvo, Martín & Symons, 2014), hay también otros estudios que muestran que las plantas pueden explotar la bioacústica para comunicarse con insectos (Barlow, 2010; Ibídem). Otro ejemplo, ya entendido y bastante citado, para ilustrar la comunicación entre árboles, es la producción grupal de componentes tóxicos por árboles de acacia, como respuesta colectiva al ser devorados por jirafas (Mithöfer & Boland, 2012; Ibídem).

Un punto central en el desarrollo de los procesos comunicativos es el desarrollo de la *flexibilidad comunicativa*. Utilizando esta noción como parámetro, podemos distinguir tres grandes categorías comunicativas introducidas por Griebel & Oller (2008): i) Casos en los que una señal fija (*fixed signal*) indica una función fija (*fixed function*), es decir, un mapeo uno a uno, y con una flexibilidad contextual mínima. La comunicación bacteriana, por ejemplo. ii) Casos en los que distintas señales indican una misma función, es decir, un mapeo de varios a uno, donde emerge una flexibilidad señalativa (*signal flexibility*). Un ejemplo pertinente puede ser múltiples llamados (varias señales) de alerta (una función), que indiquen distintos predadores⁴. iii) Casos en que, a) hay una señal para varias funciones posibles, o b) varias posibles relaciones entre señales y funciones. En estos últimos casos es que podemos hablar ciertamente de flexibilidad funcional, y básicamente, sólo de lenguaje.

Algo que podemos inferir de esta clasificación, es que la flexibilidad potencial ligada a un componente contextual aumenta significativamente desde los tipos más simples de comunicación a aquellos más complejos, esto se corresponde con la teoría de los mismos autores (Griebel & Oller, 2008), que sostienen que la flexibilidad señalativa sería un requisito para la flexibilidad funcional, respaldándose en evidencia empírica que muestra que no hay casos en que aparezca la segunda y no la primera, mientras que sí se ha dado cuenta de casos con ciertos grados de flexibilidad señalativa por sí sola.

Uno de los factores propuestos como promotores de flexibilidad comunicacional ha sido la selección sexual. Un caso bien documentado desde invertebrados hasta mamíferos es el de “canciones” involucradas en la reproducción sexual (Alexander, 1961; Payne & McVay, 1971; Hausberger, 1997; Kroodsma, 1999; Nooteboom, 1999; en Griebel & Oller, 2008). Un indicador de complejidad comunicativa utilizado en este aspecto es la cantidad de unidades rítmicas mínimas con potencial combinatorio dentro de una determinada especie. A estas unidades rítmicas, las cuales compartirían ciertos rasgos con la vocalización comunicativa humana, se les ha denominado ‘notas’ (en relación al canto de las aves), o

⁴ Aunque uno podría considerar las distintas señales de alerta que gatillan distintas conductas como distintas funciones, es importante recalcar que Griebel y Oller (2008) especifican que los términos *función* tanto como *flexibilidad funcional* refieren a sus “funciones sociales inmediatas y no a sus resultados comunicacionales”. Es decir, a sus efectos ilocutivos, y no a aquellos perlocutivos.

‘sílabas’ (por las “frases” de las ballenas) (Tyack, 1999; *Ibídem*). Otros posibles promotores de flexibilidad comunicacional serían la cohesión social, la cual trataremos más en extenso en el apartado siguiente; y algunos tipos de conducta de naturaleza no propiamente comunicativa como el engaño, el camuflaje, o el comportamiento proteo⁵ en cefalópodos (Grieber & Oller, 2008).

Aunque de naturaleza no propiamente comunicativa, el caso del engaño resulta particularmente interesante, principalmente porque este tipo de comportamiento es parasitario de pistas, o de otros sistemas de señalamiento preexistentes, a pesar de lo cual fomenta la variabilidad de estímulos. Al parecer, las primeras formas de engaño tendrían que ver con la generación de pistas falaces que son interpretadas como verdaderas por otros organismos (Grieber & Oller, 2003). Desde este punto de vista, en realidad el engaño nunca operaría como un señalamiento comunicativo propiamente tal, sino como una imitación de señales o pistas, con una falsa intención comunicativa. Muestra de engaños comunicativos han sido documentadas en varias especies, entre ellas varios invertebrados. Estas investigaciones parecen indicar que, en términos evolutivos, una parte de la sofisticación comunicacional emergería como una contramedida para disminuir la posibilidad de usos parasitarios mediante engaño. El reconocimiento de estas falsas señales, que implicaría un desarrollo cognitivo, sería el sustrato de formas de señalamiento más complejas, lo que a su vez, implicaría una mayor flexibilidad comunicativa (Grieber & Oller, 2004). Lo anterior sería aplicable también al caso humano, puesto que se ha planteado que parte de nuestra sofisticación comunicativa provendría de presiones evolutivas de dinámicas de detección y contradetección de mensajes (Sterelny, 2003; en Grieber & Oller, 2008).

Algo que hemos dejado de lado hasta ahora son las clásicas investigaciones en cuanto a habilidades (pre)lingüísticas en animales no humanos. A pesar de que sea altamente improbable que las habilidades lingüísticas humanas hayan surgido completamente de

⁵ Comportamiento altamente impredecible universalmente utilizado en el reino animal para confundir, tanto predadores, como presas. Y que en cefalópodos, tal como en humanos, se ha documentado como asociado al comportamiento sexual.

modo ontogénico y aisladas filogenéticamente de otras capacidades de aprendizaje no lingüísticas, y potencialmente manifiestas en otros animales (Schusterman, 1992; en Wasserman, 1993), la investigación en este aspecto ha sufrido un progresivo abandono, dado que se ha arribado a un consenso relativamente general, según el cual, dado un ambiente apropiado, algunas especies pueden desarrollar algunas capacidades comunicativas que se asemejan a las humanas, pero no aquellas críticas para el lenguaje. Debido a esto, las nuevas investigaciones en cognición comparada se han concentrado en estudiar el impacto de la enculturación lingüística en el desarrollo y posible emergencia de competencias cognitivas, tales como aspectos comunicativos referenciales (Beran *et al*, 2000; Beran, Smith & Perdue, 2013; Beran, Washburn & Rumbaugh, 2007; Bodamer & Gardner, 2002; Pepperberg & Carey, 2012; entre otros; en Beran *et al*, 2014; Wasserman, 1993).

Hemos podido notar que casos más sofisticados de comunicación aparecen a medida que la cognición se torna más potente, esto tiene sentido toda vez que la comunicación es producto de un funcionamiento cognitivo básico en los seres vivos (Keijzer, 2015). Siendo así, es de esperar una estrecha relación entre ambos factores, lo que queda de manifiesto en especies cercanas, o en especies cuyas condiciones de vida (considerando también la escala temporal en la cual se desenvuelven como un factor relevante) sean lo suficientemente similares.

En este apartado he intentado abordar el tema comunicativo, exhibiendo distintos mecanismos, propiedades, y estrategias comunicativas, minimizando lo concerniente a la evolución de la cognición en sí misma, sobre lo que profundizaremos en el apartado siguiente, con la intención de poner en evidencia, que, en realidad, podríamos concebir los procesos comunicativos como sofisticaciones de procesos primigenios de interacción con el ambiente. En este sentido, la comunicación sería un tipo específico de interacción con el medio, que proporciona ventajas adaptativas fundamentales, entre ellas. La comunicación permite la modificación del ambiente sin una interacción directa en muchos casos, a diferencia de otros tipos de alteraciones al medio (considerando otros organismos también como parte de ese medio), la comunicación puede llevarse a cabo a grandes distancias, en una

especie de acción intangible, o a distancia, como bien lo hemos aprendido los seres humanos. Otra ventaja significativa es que, a pesar de realizarse en un espacios abiertos, gracias a su naturaleza coevolutiva, la comunicación puede ser eficientemente dirigida sólo a con-específicos (o sólo a no con-específicos), fomentando comportamientos tanto cooperativos, como otros subsidiarios de estos (como el engaño), que complejizan sistemáticamente la relación entre los organismos y el ambiente, en una retroalimentación cognición-comunicación especializada según las condiciones de vida de cada especie.

3.2 LENGUAJE

3.2.1 LENGUAJE Y COGNICIÓN

Para efectos de este trabajo, y con el propósito de diferenciar claramente los conceptos que utilizaremos, concebiremos el pensamiento como un proceso específico a los organismos cognitivos capaces de utilizar lenguaje, es decir, a los seres humanos. En este sentido, la cognición, como ya lo hemos explicado más arriba, sería una función arcaica en términos evolutivos, mientras que el pensamiento sería la consecuencia de la potenciación de nuestra cognición debido al lenguaje. Ahondaremos en esto a continuación.

Como hemos visto, el ser humano comparte gran parte de sus características cognitivas con el resto de las especies del planeta, esto sin duda nos lleva a preguntarnos en qué momento es que la cognición humana da el salto cualitativo distintivo: la respuesta estaría precisamente en el lenguaje.

Variadas propuestas lingüísticas, desde distintos ángulos, han intentado explicar la relación entre lenguaje y pensamiento, sin que se haya llegado aún a un consenso. Entre otras, destacan por ejemplo, el relativismo lingüístico de Whorf, la idea del lenguaje como reestructuración cognitiva de Vygotsky, o el *thinking for speaking* de Slobin.

El que el lenguaje afecta el pensamiento y viceversa ha sido bastante bien documentado (Bettoni, 2006). De hecho, sin necesidad de comprometernos con alguna posición en

particular, podríamos afirmar que los individuos pertenecientes a distintas comunidades lingüísticas son influidos, por las especificidades de sus respectivas lenguas, es decir, que comprenden y perciben algunos aspectos del mundo como más o menos salientes en relación a su(s) lengua(s) materna(s). No es que queden “ciegos” a otras existencias o posibilidades conceptuales, pero se podría decir, que están “entrenados” para percibir, por defecto, aquellas que su sistema lingüístico, a través de procesos históricos socio-culturales, ha ido seleccionando en desmedro de otras (Ibídem).

Un ejemplo de lo anterior es la organización lingüística de la espacialidad. Por lo general, se acepta que existen tres sistemas léxicos de referencia espacial (Brown, 1994; Levinson, 1996, 1997, 2003; Levinson y Brown, 1994; en Gomila 2012):

- a) Marcos de referencia *intrínsecos*, o centrados en objetos, en los que los términos de referencia se relacionan con posiciones intrínsecas de determinados objetos, generalmente con proyecciones de partes del cuerpo de los objetos; en español, podríamos considerar como ejemplo enunciados como “ponerse *a la cola*”;
- b) Marcos de referencia *egocéntricos*, o relativos, compuestos de elementos indexicales relativos a la posición del hablante, como: “*detrás* de la mesa” (conste que no son intrínsecos porque la mesa intrínsecamente no tiene un delante y un atrás);
- c) Marcos de referencia alocéntricos, o absolutos, en los cuales se utilizan referentes invariantes como los puntos cardinales, por ejemplo: “*norte*”.

La mayoría de las lenguas combina, en diversos grados, los distintos sistemas léxicos de referencia; no obstante, hay otras con preferencias más claramente marcadas por uno o dos de estos; en inglés de hecho, las referencias alocéntricas son muy pocas (Gomila, 2012).

Ahora bien, como hemos visto, hay rasgos cognitivos compartidos por muchas especies, que aunque lógicamente se han especializado según las diferencias ecológicas de cada una, presentan propiedades comparables; uno de estos es, precisamente, la espacialidad. En este sentido, una pregunta interesante es si es que acaso alguno de estos sistemas de referencia es innato (lo que lo haría candidato a ser un rasgo compartido con otras especies), o

si se nace sin preferencia específica, y las preferencias emergen entonces durante el desarrollo. En un estudio realizado por Brown y Levinson (2009; en Gomila 2012) los autores concluyeron, en base al tipo de términos utilizados por niños de distintas edades, que habría una preferencia por un sistema referencial absoluto en humanos prelingüísticos, y que los sistemas intrínsecos y egocéntricos serían consecuencia de la flexibilidad cognitiva humana, y por ende, estarían mediados por la influencia del lenguaje en la cognición y en el pensamiento. Esto se vería reforzado por estudios realizados en primates no humanos (Haun, Rapold, Call, Janzen & Levinson, 2006; *Ibídem*) quienes muestran una orientación allocéntrica, y además por evidencia que muestra que el uso de referencias relativas (a objetos o a sujetos) requeriría una flexibilidad cognitiva mayor y el uso del lenguaje (Gomila, 2012). Es importante notar que en realidad los estudios en primates muestran una preferencia que podríamos denominar como pre-allocéntrica, más bien basada en *redes mentales* (Byrne, Bates y Moss; 2009), puesto que la adquisición de abstracciones que puedan utilizarse como referencias semánticas (como los puntos cardinales) también requerirían lenguaje.

El punto central aquí es el siguiente: Existiría una percepción cognitiva “de base”, esta percepción de base daría lugar a una orientación espacial determinada en los primates no humanos, y en humanos prelingüísticos; sin embargo, gracias al lenguaje, los humanos podríamos moldear los esquemas conformados según estas percepciones iniciales integrando información que refiere a nuevas distinciones cognitivamente salientes (*sur, abajo del auto, a la cabeza*, etc). Siendo así, nuestra conceptualización del espacio no estaría determinada por la pura sensorialidad, ni por la percepción experiencial, sino que emergería de la conjunción de estas con el conjunto de las distinciones cognitivo-culturales que nos son entregadas por medio del lenguaje, en un proceso retroalimentario del tipo:

percepción <—> cognición <—> lenguaje <—> cultura.

Un fenómeno parecido se puede apreciar en la fabricación de los conceptos temporales, en este caso, estudios comparativos con otras especies son impracticables, puesto que, aun cuando se ha documentado que los animales son capaces de percibir variables temporales como el tiempo transcurrido de un estímulo, o la duración del mismo (Wearden, 2008),

e incluso hay evidencia de capacidades cognitivas de anticipación en bonobos y orangutanes (se llevan con ellos herramientas que necesitarán al día siguiente) (Jacobs, 2009), hasta donde sabemos, es el lenguaje el que propicia la cognición temporal compleja. Limitándonos, por lo tanto, al caso humano, un estudio psicolingüístico realizado por Cassanto (2008), evidenció que tareas cognitivas no lingüísticas temporales se ven afectadas por los patrones lingüísticos de adquisición de los conceptos temporales (metáforas de cantidad lineal o de volumen) preferidos por la lengua (inglés versus griego) de los individuos. El fenómeno detrás de esto es el mismo que lo que vimos en la espacialidad; diferentes maneras de hablar del tiempo implican diferentes manera de pensar en él, y por ende, de percibirlo; lo que reafirmaría el punto según el cual el lenguaje moldea la cognición, a la vez que proviene de ella. Si no fuera así, y las experiencias conceptuales del tiempo estuvieran determinadas prelingüísticamente, los mapeos cognitivo-lingüísticos serían idénticos en todas las culturas, puesto que las leyes de la física son iguales en todas partes (Cassanto, 2008). Esto sugiere que nuestra capacidad de pensar en otras instancias temporales también sería producto del mismo fenómeno, en que, habiendo un sustrato relativamente pobre de capacidades proyectivas, estas se potencian socioculturalmente gracias al lenguaje, el cual, de acuerdo a sus distintas manifestaciones da lugar a distintas maneras de hablar-pensar temporalmente.

En el apartado anterior revisamos la capacidad numérica en distintas especies, y vimos que el ser humano no es el único agente cognitivo que posee la capacidad para distinguir cantidades, sin embargo, sí es la única especie que puede elaborar cálculos complejos e incluso trabajar con abstracciones algebraicas. El paso de un sustrato cognitivo primitivo, a la sofisticada capacidad humana para realizar este tipo de operaciones se debería el potenciamiento cognitivo debido a la utilización del lenguaje por parte de nuestra especie. Efectivamente, y tal como sucede con otras características cognitivas prelingüísticas, nuestra competencia numérica se ve incrementada sustancialmente gracias a la internalización de abstracciones mediadas por el lenguaje, mediante un proceso de andamiaje, o por capas (*scaffolding*). Estudios con adultos de las tribus amazónicas pirahã (Frank *et al*, 2008) y mundurukú (Pica *et al*, 2004), con denominaciones para uno, dos y muchos, o hasta cinco

como máximo, respectivamente, han mostrado que en tareas con elementos mayores a los rangos numéricos que poseen, su capacidad numérica se limita a aproximaciones progresivamente menos exactas a medida que los elementos en juego aumentan, mostrando resultados muy similares a los de niños sin adquisición de lenguaje, o a los de animales no humanos. Su sistema de numeración estaría estrechamente ligado a factores concretos, como la cantidad de sílabas de la palabra que denomina cada número, y presentarían además serios problemas con el concepto de exactitud numérica. De esto concluyen que los números exactos, o concretos, serían una construcción cultural, en lugar de un supuesto universal lingüístico o cognitivo (Frank *et al*, 2008). Esto hace eco de posturas que han planteado que en realidad conceptos matemáticos que consideramos “naturales” y ligados profundamente a la realidad no necesariamente tendrían que serlo. Casos básicos serían los de las figuras geométricas o la misma numerosidad, mientras que como ejemplos más complejos podríamos tomar la raíz de menos uno, pi (π), o la idea del espacio-tiempo (Lanza, 2009).

Como podemos inferir, pareciera ser que el lenguaje es el que permite organizar las percepciones (subjetivas por antonomasia) adquiridas durante nuestra experiencia, y que siendo este una [retro]creación colectiva sociocultural, la sociedad en la que nos desarrollemos, a través de sus patrones de preferencia de reconocimiento y marcaje de saliencias cognitivas proporcionará los andamios del esquema mental en el que surgirán nuestros conceptos espaciales, temporales, o de cualquier otra naturaleza. Más tarde en nuestro desarrollo, estas conceptualizaciones compartidas nos permitirán coordinar nuestras interacciones (tanto físicas, como lingüísticas) con el resto del grupo social. Utilizando el término acuñado por von Uexküll, podríamos decir que los seres humanos vivimos inmersos en nuestro *umwelt* particular de naturaleza lingüística (Hoffmeyer, 1997). De hecho, estudios de antropología evolutiva publicados por Tomasello (2008), plantean que un requisito necesario para la evolución de la comunicación humana es la intencionalidad compartida, una característica propia y única de nuestra especie. Esta sería precisamente el sustrato cognitivo de habilidades como la atención compartida, la mentalización, las anticipaciones lingüísticas o la relevancia. Esta característica se puede apreciar en los niños incluso antes de que estos desarrollen el habla, y evidencia, de manera impresionante, habilidades de atención conjun-

ta generadas a partir de metas socio-culturales conjuntas, reflejo de un dominio conceptual compartido.

Quisiera detenerme brevemente para subrayar que la influencia del lenguaje sobre la cognición y el pensamiento no sería unidireccional, sino retroalimentaria, y que como vimos en estudios de organismos cognitivamente más simples, pareciera no haber un sustrato de estructuras puramente cognitivas, sino que estructuras fisiológicas compartidas que dan lugar a capacidades cognitivas diferenciables funcionalmente, entre ellas el lenguaje. La cognición es una función mucho más amplia que el lenguaje, y cuando haya una interrelación evidente, la primera también se ve modulada todo el tiempo por experiencias no lingüísticas. Tocar instrumentos musicales, hacer deportes, u otras actividades son claros ejemplos de ello en nuestro caso.

En relación a lo anterior, y antes de pasar al siguiente apartado, quisiera introducir el concepto de *lenguaje-pensamiento* con el que trabajaremos. Como hemos visto, el lenguaje potencia capacidades cognitivas existentes como sustrato, gracias a la abstracción sistemática de elementos cognitivo-culturales relevantes que nos permite pensar en/sobre nuevas distinciones semánticas. Asimismo, el lenguaje se potenciaría a medida que potencia dichas capacidades cognitivas (incluido el mismo lenguaje), permitiendo elaboraciones más complejas cuyo conjunto denominamos pensamiento; en este sentido, este se aproximaría a una noción de cognición post-lenguaje. Con una intención puramente práctica, utilizaremos la noción de lenguaje-pensamiento para referirnos al conjunto de capacidades/funciones que involucran ambas necesariamente, en cuanto el pensamiento mediaría la articulación lingüística, mientras que el lenguaje proporcionaría los elementos cognitivos potencialmente articulables.

3.2.2 SEMÁNTICA Y PRAGMÁTICA

Un punto central en la distinción entre los componentes semánticos y pragmáticos del lenguaje es que no es que un contenido semántico se enriquezca opcionalmente mediante el

uso de procesos pragmáticos, sino que por el contrario, el contenido pragmático sería el contenido comunicativo en su totalidad, mientras que el componente semántico sería una colección de significaciones bien restringidas, posibles cuando una porción de este contenido es ya conocido. Esto sucedería debido a la utilización más frecuente de ciertas asociaciones evocativas que darían lugar a esquemas y patrones con implicancias predecibles, basado en un trasfondo experiencial compartido por los interlocutores. Siendo así, el trabajo de (re)construcción del significado se limitaría en gran parte a la articulación de estas asociaciones entre sí, puesto que las asociaciones contextuales se darían muchas veces por sentadas. Conste que esto no es lo mismo que dichas asociaciones puedan no estar presentes. Las palabras, como el resto de los elementos lingüísticos, por el mismo hecho de ser asociaciones pragmáticas entre elementos cognitivamente relacionados, no pueden ser totalmente independientes del contexto.

En realidad, la idea de una información semántica evocando un significado partir de un enunciado libre de contexto es bastante forzada, sobre todo si reflexionamos un poco y consideramos que en el inicio las asociaciones deben haber estado dirigidas sólo al contexto (para alertar peligro o cosas similares) y teniendo en cuenta que en el lenguaje natural no existe algo así, ni tampoco algo como un conjunto preexistente de elementos cognitivo-lingüísticos. Pareciera ser que lo que en verdad sucede es que las convenciones, y por consiguiente, el componente semántico del lenguaje, se forman en él, a través de la estabilización de asociaciones de naturaleza pragmática (Rodríguez, 2014). La convencionalización de los elementos lingüísticos se debería principalmente a la capacidad de abstraer construcciones compartidas, surgidas de combinaciones exitosas de signos (Bara 2003). Es decir, crear y mantener esquemas estructurados con distintas entradas posibles, en las cuales se pueden “introducir” determinados signos (en tanto elementos cognitivos) según las necesidades del hablante (Tomasello 2008).

En cierto modo, quizás sea la convencionalización la que permita, mediante la estabilización de estructuras lingüístico-cognitivas, el aumento explosivo del entorno cognitivo compartido por una comunidad cultural, ya que gran parte de este entorno cognitivo está compuesto de conceptos complejos, que resultarían prácticamente inaccesibles de no existir en primer lugar un acervo de estructuras convencionalizadas de base (Rodríguez, 2014). La

gramática y la semántica pasarían entonces a ser formaciones y esquemas estables y anticipables de usos pragmáticos frecuentes, y que muy probablemente, como tales, permiten un ahorro inmenso de trabajo cognitivo, por lo que su expansión debería verse favorecida durante el desarrollo de los seres humanos (Tomasello 2009; en Rodríguez 2014).

Un punto central es que las asociaciones pragmático-cognitivas mediante las que adquirimos el lenguaje están inmersas en un contexto, tal como lo están, en un nivel anterior, las asociaciones de estímulos que nos permiten reconocer saliencias cognitivas, que son la base de las primeras. Como vimos en el capítulo inicial de este trabajo, podemos debatir respecto del origen de la cognición, pero no tiene sentido hacerlo respecto de la relación entre cognición y contexto, en cuanto relación agente-medio.

Otro punto importante, derivado del anterior, es que durante el procesamiento de enunciados complejos, en cuanto ensamblaje o desensamblaje de elementos semantizados, a los que tranquilamente podríamos denominar composición y descomposición (algo que evitaremos para no propiciar posibles confusiones); dado que nada puede estar libre de contexto, no habría sustento para una supuesta atomicidad de constituyentes. Posiblemente una de las causas de esta visión atomista y sin contexto de los ítems semánticos, particularmente aquellos léxicos, tiene que ver con una interpretación equivocada del fenómeno semántico, reflejado plenamente en el clásico concepto de memoria semántica, sintetizado por Hoffmeyer (1997) como “*la recuperación de la relación entre elementos independientemente de su contexto de aparición*”. Sobre esto volveremos en el apartado sobre Sistemática.

Ahora bien, entre nuestra capacidad comunicativa lingüística, y lo que revisamos respecto a la comunicación prelingüística y su falta de flexibilidad, podríamos resaltar diferencias críticas tanto semánticas como pragmáticas. En primer lugar, el ser humano es capaz de sistematizar elementos específicos de su experiencia, este proceso daría lugar a los elementos que deberíamos considerar semánticos. Dicha formación de elementos aplicaría a todas las categorías del lenguaje, incluyendo aquellas en que el lenguaje se monta, y que muchas veces separamos artificialmente de las capacidades lingüísticas, es decir, las capa-

tidades comunicativas. Por otro lado, pragmáticamente, poniéndolo en términos de Searle, mientras el resto de los seres vivos puede modular el significado por medio de su fuerza ilocutiva, o como sumo, variar la intención ilocutiva (Griebel y Oller, 2008), el ser humano es capaz de contrastar entre estímulos comunicativos de diversa naturaleza dentro de su repertorio de sistematizaciones semánticas.

La propuesta de la formación de esquemas de interacción propuesta por Bara (2010) es un caso interesante que utilizaremos para profundizar en esta relación. En ella, se propone la noción de *juego conductual (behavior game)*, que regularía la interacción entre personas, junto con la de *juego conversacional (conversation game)*, que haría lo propio con las conversaciones. La idea, básicamente, es que las inferencias comunicativas, se realizarían sobre el repertorio de estos juegos, que serían esquemas de interacciones y conversaciones estereotipados específicos a ciertos contextos y grupos de personas (Bara, 2010). Las inferencias se guiarían por principios de relevancia similares a los expuestos por Sperber y Wilson (1995), pero que en lugar de basarse sobre parámetros deductivos, lo harían sobre estructuras cognitivas específicas al proceso comunicativo (Ibídem). El problema con la propuesta de Bara (2010), es que los esquemas de interacción son presentados caso a caso, y no se establece claramente un principio general. Como veremos, este es un problema recurrente en el desarrollo de búsqueda de soluciones en Inteligencia Artificial.

Lo central de esta propuesta, en relación con este trabajo, es que lo que Bara (2010) denomina juegos conductuales o conversacionales respectivamente, serán incorporados aquí como otras formas de semantizaciones comunicativas. La idea de fondo es que como la comunicación es anterior al lenguaje, pero es el lenguaje el que facilita la formación de patrones sistemáticos que pueden ser utilizados en otros contextos, o asociados a otros elementos ya sistematizados, y que la comunicación no lingüística también se ve potenciada cognitivamente gracias a este proceso, lo que estaría detrás de las estructuras cognitivas estereotipadas serían sistematizaciones que convertirían ciertos aspectos reiterativos de la experiencia en cristalizaciones semánticas comunicativas fundamentales; luego, sobre estas se semantizaría todo otro tipo de material lingüístico, desde el fonológico hasta el léxico. De este modo, tal como las palabras o el uso de ciertos enunciados se hace anticipable y descomponible, los esquemas de interacción en que estos se dan también lo harían, por lo

que a medida que conocemos el mundo, iríamos aumentando nuestro repertorio de interacciones semantizadas, lo que nos permitiría también una mayor flexibilidad pragmática en este aspecto. En este sentido, lo que consideraremos como semántico, es todo lo que comunicativamente haya sido sistematizado; y como pragmático, el significado generado a partir de la interrelación de los componentes semánticos utilizados en relación a un contexto específico.

A continuación profundizaremos en lo que hemos visto en el apartado de lenguaje, pero desde el punto de vista de la sistematicidad.

3.3 SISTEMATICIDAD

Un debate que ha sido bastante recurrente en las ciencias cognitivas es el que concierne a la relación entre sistematicidad y cognición, en esta sección abordaremos este tema, e intentaremos delimitar y determinar la posición de la sistematicidad respecto de otros fenómenos relacionados.

Antes de comenzar con el desarrollo propiamente tal, a modo de antecedente histórico y para contextualizar un poco la discusión, es importante mencionar que la noción de *sistematicidad* fue introducida por primera vez por Fodor y Pylyshyn, en su artículo "*Connectionism and cognitive architecture: a critical analysis*" publicado en 1988, cuya intención, como podemos inferir del nombre, no era verdaderamente una propuesta sobre la sistematicidad, ni mucho menos, sino más bien una crítica al efervescente conexionismo de la época (Chemero, 2014). Debido a esto, la sistematicidad nunca es abordada en profundidad, más que para caracterizarla como el fenómeno que evidenciaría, "que las capacidades cognitivas exhiben siempre ciertas simetrías, de manera tal, que el poder tener un pensamiento implicaría la capacidad de tener otros pensamientos con contenidos semánticos relacionados" (Fodor y Pylyshyn, 1988). Posteriormente, en un artículo como respuesta a Smolensky, Fodor y McLaughlin generalizarían su posición a todo tipo de organismos aseve-

rando que “*un organismo es capaz de estar en un estado perteneciente a una familia, sólo si es capaz de estar en muchos de los otros*” (Fodor y McLaughlin, 1990), y proponen que i) las capacidades cognitivas en humanos y en muchos otros organismos son de este tipo, ii) que es nomológicamente necesario, iii) que debe haber algún mecanismo psicológico en virtud del cual las capacidades cognitivas sean sistemáticas, iv) que una teoría adecuada de arquitectura cognitiva debería contar con este mecanismo (Ibídem).

Para abordar el tema, en primer lugar revisaremos brevemente la idea principal de Fodor y Pylyshyn (1988), luego, discutiremos la noción de composicionalidad, y finalmente abordaremos la noción de sistematicidad y sus posibles alcances. En cuanto a Fodor y McLaughlin (1990), de antemano quisiera expresar, que concuerdo con i), iii) y iv), al menos parcialmente. Arribaremos a esto durante el desarrollo que sigue.

Ahora bien, el argumento que sostienen Fodor y Pylyshyn en contra del conexionismo es que, dado que este funciona por medio de micro-especificaciones del tipo [Juan+sujeto; ama; María+objeto]; para poder invertir un enunciado, deberían entrar en juego nuevos elementos como [María+sujeto; ama; Juan+objeto], y que, por ejemplo, en casos de enunciados más complejos como “María ama a Juan y Pedro odia a Patricia” tomarían la forma de [María+sujeto; ama; Juan+objeto; Pedro+sujeto; odia; Patricia+objeto], sin embargo, debido a que varias combinaciones de los mismos elementos pueden utilizarse para distintos enunciados, y a que nada dentro de los elementos mismos da cuenta de cual de estos elementos-objetos es el objeto del amor o del odio, habría que crear especificaciones más exactas, del tipo [Patricia+objeto+amor], [Juan+sujeto+odio], y así sucesivamente. El problema que bien intuyen Fodor y Pylyshyn, es que esto traería consigo inevitablemente una explosión combinatoria grotesca (Fodor & Pylyshyn, 1988). La solución propuesta en respuesta a este problema se fundamenta en la idea de la sistematicidad de las representaciones mentales, y en una hipotética propiedad composicional que estaría detrás de las simetrías cognitivas exhibidas en el lenguaje y en el pensamiento, y que, por consiguiente, sería la que permitiría que un determinado pensamiento ArB, implicase poder tener el pensamiento semánticamente relacionado BrA (Ibídem).

Como podemos darnos cuenta, la sistematicidad es sólo caracterizada como la evidencia de-, mientras que sería la composicionalidad la propiedad que explicaría dicho fenómeno. Tal como Fodor y Pylyshyn (1988), creo que hay ciertas simetrías manifiestas en el lenguaje, y de las que el conexionismo, al menos hasta entonces, no era capaz de dar cuenta. No concuerdo, sin embargo, con su propuesta de solución al problema. Es por esto, que en lugar de abordar directamente el tema de la sistematicidad, discutiremos, en primera instancia, la idea del lenguaje como una entidad basada sobre la composicionalidad (Bara, 2010; Fodor & McLaughlin, 1990; Fodor & Pylyshyn, 1988).

Por un lado, en términos biológicos, la asunción de una composicionalidad cognitiva prelingüística como expuesta en Fodor y McLaughlin (1990) no tendría demasiado respaldo, ya que de ser así, funciones cognitivas previas, como la percepción deberían evidenciar esta propiedad (hay que recordar que la dirección propuesta es cognición -> lenguaje). Basándose en esto, Gomila, Travieso y Lobo (2012), en un estudio sobre la eventual sistematicidad de la percepción, rebaten esta idea, argumentando que, perceptualmente se puede demostrar, que de la relación AxB no se sigue necesariamente que A y B puedan considerarse variables de un tipo algebraico-cognitivo, ni menos aún, se garantiza la relación perceptual BxA como una consecuencia obligatoria.

Por otro lado, desde un punto de vista cognitivo, tanto la comunicación extralingüística humana, como aquella prelingüística, son de naturaleza puramente asociativa, es decir, que consiste de partes y no de constituyentes (Bara, 2010). Esto refuerza nuestra posición desde dos ángulos distintos, por un lado socava la hipótesis de la composicionalidad como un sustrato cognitivo, mientras que por otro, aporta plausibilidad a la idea que desarrollamos en el apartado de ‘lenguaje y cognición’, según la cual, sería el lenguaje-pensamiento el que potencia nuestras capacidades cognitivas hasta lograr utilizar estructuras sintácticas potencialmente compatibles con una hipotética composicionalidad (sea esta un fenómeno cognitivo real o no en algún grado).

Finalmente, y en términos estrictamente lingüísticos, resulta de vital importancia distinguir entre que el lenguaje pueda exhibir ciertos grados o patrones de composicionalidad, y que el lenguaje esté basado sobre la misma. Profundizaremos en esto ahora.

Ejemplos para demostrar la supuesta naturaleza atómica y molecular del lenguaje, y del pensamiento han sido del tipo $ArB \Leftrightarrow BrA$, utilizando el clásico ejemplo, según el cual, decir que “Juan ama a María” sería el equivalente funcional de “María ama a Juan”, puesto que la estructura molecular $X \text{ ama a } Y$ ($X \text{ loves } Y$) se mantendría, modificándose solamente los átomos que la componen ($XaY \Leftrightarrow YaX$).

Lo anterior, sin embargo, no se sostiene en toda clase de ejemplos, no al menos desde un punto de vista cognitivamente realista. Si consideramos, a modo ilustrativo, el enunciado “Juan ama a Rocky” (donde Rocky es la mascota de Juan) y la contraponemos con “Rocky ama a Juan”, ¿Podríamos decir que comprender uno verdaderamente implica comprender el otro? ¿o que la evocación del enunciado inverso es verdaderamente equivalente? ¿Sería el mismo tipo de amor? Una visión más clara puede resultar de contrastar enunciados como “Alicia ama la lluvia” versus “La lluvia ama a Alicia”, o, “Leopoldo caza leones” versus “Leones cazan a Leopoldo”.

Podría ser que, en un hipotético mundo sin contexto, estos enunciados exhibieran una composicionalidad como la propuesta por Fodor y Pylyshyn, no obstante, en el mundo real, en el que la evocación del significado no sólo exige información contextual, sino que se monta sobre ella, claramente estos enunciados no vehiculan una historia imaginaria idéntica. Esto se debe a que el tipo de evocaciones en los sujetos comunicantes es diferente, en la medida en que los ítemes léxicos traen consigo no sólo un significado atómico, sino todo un trasfondo experiencial y una carga cognitiva. Como bien plantea Elman (2014), las evocaciones cognitivas de “El cirujano corta...” versus “El leñador corta...” son bastante diferentes entre sí, y de hecho, esto se puede ver reflejado en sus respectivas expectativas de completación.

Tal vez una manera mucho más factible para explicar la presencia de ciertos grados de composicionalidad lingüística —o de lo que podría ser que aparentara serlo—, es que, basándonos en lo que vimos en con relación a semántica y pragmática, determinadas cristalizaciones estructurales ya semantizadas, en estos casos sintácticas, permiten construcciones que en algunos casos (como en de Juan ama a María) posibilitan la articulación de ítemes léxicos con propiedades semánticas similares, y que debido a esto, el orden en que se

introduzcan en la estructura sintáctica, genera la impresión de que no hubiera un cambio evocativo.

Quisiera resaltar también, que el tipo de ejemplos presentados para justificar la composicionalidad resultan tan *ad hoc*, porque los agentes involucrados en las acciones tampoco tienen un trasfondo cognitivo. Con esto pretendo decir que si Juan fuera mi padre, y María mi madre, o mi novia, o mi profesora, podemos tener la certeza de que el resultado de la inversión del enunciado no sería el mismo.

Ahora bien, pasándonos al tema de la sistematicidad, como ya mencioné anteriormente, independientemente de sus posibles implicancias, creo que Fodor y Pylyshyn (1988) tienen razón respecto de la explosión combinatoria a la que llevaría una continua especificación sobre los ítems léxicos. Esto ha sido también abordado por Elman (2014), cuyo trabajo revisaremos con mayor profundidad en el apartado de computación y lenguaje, pero que, en pocas palabras, muestra que este tipo de concepción del lenguaje resultaría en procesamientos lingüísticos que requerirían de un costo cognitivo tan alto, que probablemente resultaría contraproducente. Siendo así, y si descartáramos la composicionalidad como la base del lenguaje, nos encontramos de frente con el problema original, a saber: ¿cómo es que somos capaces de estructurar ideas mediante el lenguaje? y ¿a qué se debe la presencia de lo que, al menos a primera vista, pareciera ser una muestra de un componente sistemático?. Creo que para intentar resolver esto es necesario, en primer lugar, descomponer conceptualmente una sistematicidad cognitiva prelingüística, de otra del lenguaje-pensamiento, además de discutir su caracterización en base a supuestas relaciones con la inteligencia o la intencionalidad.

En este sentido, podemos decir que concordamos plenamente con el punto i) de Fodor y McLaughlin (1990), en cuanto la sistematicidad sería un componente fundamental de la cognición, por lo que, debemos necesariamente tomar en consideración el punto iii), o sea, que debe haber alguna manera de explicar este fenómeno. Ahora, si es que no es la composicionalidad lo que está a la base de la sistematicidad, ¿entonces qué es?

Algo que nos puede ayudar en este aspecto es lo que revisamos en el primer capítulo relativo a la emergencia de la cognición. Vimos que las conductas de distintos organismos, desde bacterias a animales más recientes evolutivamente hablando, como los mamíferos, se estructuran mediante patrones que resultan de la experiencia de la interacción de dichos organismos con su medio, estos patrones, como vimos, reflejan claramente un componente sistemático. Esta sistematicidad metabólica-cognitiva, obviamente es distinta de la que Fodor y Pylyshyn (1988), o Fodor y McLaughlin (1990), plantean desde una perspectiva clásica de la cognición, pero conserva la idea principal, en cuanto los organismos cognitivos tienen la capacidad de responder a ciertos estímulos, en virtud de otros estímulos relacionados.

Una manera de entender esta sistematicidad cognitiva, sin caer ni en un paradigma conductista, ni en uno computacionalista, podría ser, como revisamos más ampliamente en el primer capítulo, concebir la sistematicidad como la manifestación de procesos de optimización de la interacción con el medio, constituida por un conjunto de acciones agente-medio aprendidas, o de evocación más probable, y que estaría asociada a fenómenos como la distinción de saliencias cognitivas, o la estabilización de patrones conductuales y comunicativos, a nivel individual, tanto como colectivo.

En el caso del ser humano, considerando nuestra capacidad para procesar enunciados (sea producirlos o comprenderlos), resulta difícil debatir demasiado acerca de si el lenguaje exhibe algún grado de sistematicidad o no, siendo probablemente el ejemplo más poderoso en este sentido, nuestra capacidad de dismantelar a diestra y siniestra significados completos en constituyentes más pequeños, y a la inversa, ensamblar significados complejos a partir de otros. No obstante, lo central es que estas manifestaciones de sistematicidad no existirían solo gracias al lenguaje, sino principalmente gracias a un componente cognitivo sistematizador preexistente. Siendo así, y tomando en cuenta la diferenciación lingüístico-cognitiva presente en cada lengua, podríamos hipotetizar que este proceso de sistematización no sería un conjunto de formas, sino de abstracciones de patrones sobre asociaciones experienciales agente-medio.

Es necesario, en este punto, introducir la noción de concepto que utilizaremos de aquí en adelante (lamento no haber tenido otra palabra, por la carga que esta trae, pero al mismo tiempo creo es la más adecuada para la idea). Según esta, un concepto será la asociación sistemática de patrones experienciales que podríamos concebir como espacios, o dominios evocativos, que puede contar o no de una etiqueta que vehicule su contenido, y que no contendría información de tipo representacional. Sobre esta definición es importante aclarar tres puntos: uno, los conceptos serían elementos cognitivos, y cada elemento cognitivo-lingüístico que sea conceptualizado puede corresponderse tanto con un ítem gramatical o con varios, así, por ejemplo, un refrán es un concepto que vehicula una idea, pero que está compuesto por varios ítemes gramaticales; dos, no todo concepto cognitivo cuenta con una etiqueta lingüística, puesto que muchas de nuestras experiencias cognitivas no están asociadas a un tratamiento lingüístico, las emociones son una muestra evidente de esto; tres, la denominación de espacios o dominios aparecen aquí con un uso metafórico, en realidad son potenciales, y como tales cuentan con muchas posibles concreciones, pero sólo existen en la medida en que se concretan en una. Los conceptos serían, por ponerlo de algún modo, los elementos de trabajo del pensamiento, así como las palabras lo son del lenguaje.

Del uso de los conceptos mediante el lenguaje, se puede abstraer patrones con base en las relaciones particulares que ligan las experiencias que los han moldeado. La corriente semanticista bien ha intuido este fenómeno; sin embargo, se podría decir que sus intentos de construcción de gramáticas con base en esta idea han fallado a causa de sus procedimientos de formalización demasiado rígidos, sobre esto también profundizaremos en el apartado de lenguaje y computación. Es comprensible la idea de sistematizar formalmente el lenguaje, el problema es que los conceptos lingüísticos, por su naturaleza cognitiva, no serían sistematizables más que con un alto grado de inespecificidad. Al ser la cognición inseparable del contexto porque emerge de la relación de un agente con él, la descripción del lenguaje, siendo este una especialización cognitiva, no puede basarse solamente en el material generado, sino que debe enfocarse en el método de generación de patrones.

Lo que ocurre es que los ítemes lingüísticos, en cuanto cognitivos, tienen propiedades sistemáticas de uso, que se forman en la experiencia lingüística-cognitiva, y que son las

que llamamos propiedades semánticas del lenguaje. Imaginar estas propiedades como pre-determinadas llevaría a propuestas dentro de un marco de referencia más innatista: no obstante, biológicamente sería raro pensar en que este tipo de información se acumulara genéticamente, primero porque sería ineficiente, pero sobre todo porque las capacidades de los organismos serían tan rígidas que de nacer en un medio distinto no tendrían ninguna oportunidad de sobrevivir, citando la expresión popular “los ancestros de los humanos que morirían por comer naranjas ya murieron hace tiempo”.

Ciertamente los efectos genéticos sobre nuestra especie son importantes, ha quedado claro que hay un componente distintivo en este aspecto (Tomasello, 2008; Bara, 2003, 2010), no obstante, una predisposición genética hacia algo, tal como ocurre en el caso que revisamos de los cuervos de Nueva Caledonia (Shettleworth, 2012), no es lo mismo que estar determinados genéticamente. Aun cuando dichos cuervos poseen cierta predisposición genética hacia el uso de herramientas, algo que como vimos no es extraño en la naturaleza, y que, de hecho, se presenta como una característica convergente, que se ha documentado análoga y homológamente (Ibídem), sus modos de uso difieren en distintas comunidades de la misma isla, evidenciando un componente social del desarrollo de esta predisposición. El paralelo con los seres humanos es más que evidente, nuestra predisposición lingüística se desarrolla dentro de un marco de interacciones socioculturales que va, mediante sistematizaciones, reconfigurando permanentemente su uso, y subsecuentemente, nuestra cognición. Desde esta perspectiva, autores como Noam Chomsky intuyeron muy bien que debía haber algo innato y compartido por todos los seres humanos.

Prosiguiendo con la relación entre sistematicidad y cognición, retornemos a nuestro ejemplo “Juan ama a María”. Habiendo defendido una visión en que no existen propiedades, ni atómicas ni moleculares, sino una especie de conectividad experiencial, es importante notar que lo habitual es que la aparición de un sujeto como el sustantivo “Juan” venga vinculado a un predicado (a menos que este sea la respuesta a una pregunta del tipo “¿quién llegó?”) y que lo contrario generaría una cadena inferencial costosa por su inusualidad. La experiencia nos dice también, que tal como un sustantivo hace referencia a entidades del mundo, los verbos hacen referencia a acciones de estas entidades en el mundo (acciones no

como movimiento, sino como relaciones con un contexto). En el caso específico de amar, asumimos cognitivamente que “algo ama a algo”, y asimismo, lo concebimos lingüísticamente como un verbo transitivo (en este sentido es que lenguaje y cognición son indisociables). Dicho todo esto, podríamos considerar que lo extraño sería que la aparición de amar no estuviera acompañada de una entidad que ama y de otra que es amada, y que por lo tanto, habría un esquema semantizado y sistemático, que es simultáneamente lingüístico y cognitivo.

Uno podría pensar que la sistematización conceptual sería exclusiva de los ítemes lingüísticos, pero, puesto que el único universo al que podemos acceder es el que percibimos, o en términos de Varela (2000), dado que nuestro dominio operacional es puramente cognitivo, todo patrón semántico sería sistematizado siguiendo los mismos principios. Siendo así, este fenómeno, aplicaría de modo generalizado a ítemes lingüísticos (morfológicos, sintácticos, fonológicos) tanto como a la construcción de esquemas de eventos en el mundo, de conductas, etc; puesto que el lenguaje, incluidas todas sus formas, es sólo una modalidad más de acción cognitiva. Se podría proponer con base en lo anterior, una visión de la sistematicidad como una propiedad del mundo, o al menos de los seres vivos, que se proyecta ulteriormente en el lenguaje.

En cuanto a las posibles implicancias de la inteligencia o la intencionalidad en relación a la cognición, la sistematicidad y el lenguaje, una vez puestas las cosas del modo que lo hemos hecho, y en tanto la inteligencia, como ya se discutió anteriormente, podría ser pensada, sucintamente, como la propiedad mediante la cual un organismo, en base a los estímulos del ambiente que es capaz de percibir, determina su accionar (por lo que un agente cognitivo capaz de tomar en consideración más variables y/o más variables relevantes, en función de una determinada acción, sería entonces más inteligente), podríamos proponer que el ser humano, con base en el progresivo desarrollo del lenguaje-pensamiento, se torna progresivamente más inteligente, en cuanto es capaz de integrar y procesar una mayor cantidad de variables provenientes de su entorno, pero sobre todo gracias a la mayor complejidad de estas variables. Esto, no obstante, no quiere decir que intrínsecamente el ser humano sea más inteligente, sino que su predisposición hacia una determinada actividad (el lengua-

je) y el desarrollo de la misma lo moldean como tal. En este sentido, no es que el ser humano pueda adquirir el lenguaje y el resto de los animales no porque este sea significativamente más inteligente, más bien, que el hacernos más inteligentes gracias a nuestra propensión comunicativo-lingüística particular nos hace percatarnos de más cosas, enriquecerlas y ensamblarlas hasta llegar a cosas muy abstractas. Respecto de la noción de intencionalidad, y basándonos en la breve discusión del apartado de cognición y evolución, pienso que sería interesante estudiar si hay alguna relación entre esta y nuestra predisposición lingüística. No quisiera proponer que la causa de la segunda sea la primera, pero de haber algún factor filogenético en común, entre lo que concebimos como intencionalidad y nuestro instinto cooperativo, podría ser interesante investigar qué tanto esto tendría o no que ver con el lenguaje. Otra posibilidad es que, en realidad, nuestro desarrollo cognitivo nos llevase a percatarnos conscientemente de nuestros actos, y que mediante una continua experiencia de reflexión *ex-post*, formáramos una idea ilusoria de intencionalidad, en cuyo caso no habría una relación significativa intencionalidad -> lenguaje, sino al revés. Pueden haber muchas otras alternativas en esta discusión, por mi parte, me gustaría solamente plantear, en contra de Calvo, Martín & Symons (2014), quienes proponen que lo que distingue a las acciones inteligentes es su contenido intencional (y que a su vez, sería esto lo que diferenciaría el tipo de acciones sistemáticas, en contraste con otras *automáticas*), que puede ser un error confundir agentividad cognitiva con intencionalidad; y que exigir la presencia de un componente que ni siquiera tiene una definición del todo clara (ellos tampoco amagan alguna) es más bien contraproducente.

Intentaré ahora proponer una idea de cómo es que se podrían estructurar sistemáticamente conceptos en el lenguaje-pensamiento sin necesidad de recurrir a posibles operaciones composicionales, ni a una capacidad inmensa de trabajo cognitivo que la haga improbable. Siguiendo la línea de nuestro argumento, los conceptos cognitivo-lingüísticos como los presentes en este enunciado son, por ponerlo metafóricamente de algún modo, un espacio, o un dominio si se prefiere, dentro del cual están integrados los contextos de aparición de los mismos, esto ha sido demostrado empíricamente por estudios de ERP en relación a tiempos de reacción de la onda N400 (Bicknell *et al*, 2010; en Elman, 2014) y por

estudios mediante *eye-tracking* (Matsuki *et al*, 2011; *Ibídem*). Dicha integración no es, por supuesto, arbitraria, tiene que ver con la experiencia de los sujetos (lingüística y no lingüística). Esto es importante, porque si fuera sólo en base a experiencia lingüística uno podría suponer que mediante modelos computacionales de tipo bayesiano se podrían resolver todo tipo de ambigüedades mediante el uso de corpus masivo y esto, por lo menos hasta ahora, no ha sido así. En fin, cada elemento sería un dominio cognitivo, cuya etiqueta sería la palabra que lo denomina, pero que no lo determina, por lo mismo es que existen los sinónimos. Cuando “Juan ama a María” se “ensambla”, no es que haya un pulpo humuncular articulando palabras antes dispersas, o un chino dentro de un computador, como bien, y más elegantemente expuso Searle (1982) para el proceso comprensivo mediante al argumento de la habitación china, sino que, debido a sus respectivas sistematizaciones, cada elemento, al evocar un contexto, “sugeriría” mediante el mismo, un espectro de próximos elementos, y al entrar en juego un nuevo elemento, el contexto evocado se reconfiguraría en relación a su integración. Así, cada evocación reconfiguraría el contexto permanentemente. Este proceso se daría tanto en una dirección *bottom-up*, como también *top-down*, gracias a diferentes escalas de trabajo simultáneas, que, como hemos visto, son la base de los procesos cognitivos. No quisiera que esto se interpretara como una especie de cadena lingüístico-markoviana probabilísticamente determinada; por el contrario, este “ensamblaje”, que por cierto operaría para la comprensión como para la producción, sería bastante natural, en cuanto los elementos sistematizados se irían uniendo unos con otros siguiendo un flujo basado, pero no determinado, por las concordancias entre sus dominios evocativos.

Quisiera también, prevenir de antemano una lectura determinista, o mecánica, de esta propuesta. No es una propagación articularia, sino un dominio de posibilidades que se reconfiguraría a medida que integra las diversas percepciones que recibe mediante la integración de un cúmulo de ciclos en distintas escalas temporales, y en base a un cúmulo de distintos modos perceptuales, y que por lo demás, nunca se detendría, puesto que la cognición es dinámica. Creer que porque que tenemos un conjunto de sistematizaciones que se articulan en base a relaciones contextuales nos privaría de libertad, sería como pensar que porque los movimientos de las piezas del ajedrez están predeterminados, todos las partidas tendrían un mismo desarrollo, de hecho, a diferencia de los movimientos de las piezas del

ajedrez, nuestra colección de elementos mínimos aumenta permanentemente, en realidad, un deporte como el fútbol podría servir mejor como analogía; a medida que jugamos, creamos un sustrato cognitivo de acciones relacionadas que incluyen movimientos, predicciones, seguimientos, formaciones, tácticas, etc. Las acciones dentro de este repertorio, aun cuando evocan un contexto cognitivo, y se articulan unas con otras en flujo coherente, previniendo una hilvanación caótica (puesto que nadie que sepa jugar al fútbol va a hacer un hoyo en medio de la cancha para atrapar a otros jugadores para quitarles la pelota), no determinan más que un dominio cognitivo, que en términos estrictos no es más que pura potencialidad, y que no alcanza a materializarse más que como la acción que es generada. No por esto, por muy predecible que pueda ser un partido en el papel, alguien osaría a decir seriamente que es algo determinado, las casas de apuestas son una muestra de esto mismo.

Es importante recalcar, tal como lo hace Pizarro (2016), la importancia de entender la sistematicidad no sólo a un nivel individual, sino también a uno colectivo y en relación con un contexto. Como vimos en los ejemplos de comunicación y coordinación de conductas en organismos simples, la cognición opera como una interfase entre un organismo y su medio, de este modo, la progresiva sistematización de patrones no actúa rigidizando conductas, sino estableciendo patrones de fácil acceso (como el acervo de jugadas de fútbol del ejemplo anterior), pero que al depender de un entorno que es impredecible se verá forzada a generar permanentemente nuevas asociaciones cognitivo-pragmáticas, y a elaborar nuevas conductas sobre la base de las mismas.

Lingüísticamente, la creación de patrones semánticos sistemáticos proporciona un sustrato creciente de respuestas rápidas y de menor costo cognitivo. Estas respuestas pueden dar la impresión a un observador externo de una mayor predictibilidad en la medida en que cualquier organismo propenderá a comportarse intentando reducir el costo cognitivo de sus acciones; sin embargo, gracias al mismo ahorro cognitivo que proporciona, permite procesos de complejización de la conducta, de modo tal que los procesos pragmáticos puedan desarrollarse en niveles cada vez más sofisticados. Así, la cultura sería un inmenso acervo colectivo de sistematizaciones externalizadas (Pizarro, 2016) que proporcionan soluciones rápidas y mucho menos costosas, en cuanto son colectivas e históricas, en lugar de

individuales, mediante comportamientos coordinados “almacenados” en el conocimiento compartido.

Otro punto relevante en esta discusión es la relación de la sistematicidad con la pragmática, en este aspecto, dado que, como vimos, el mensaje pragmático sería el mensaje real, o completo, es imposible sistematizar el componente pragmático del lenguaje, lo sistemático en términos lingüísticos equivale a lo semántico, y esto rige para todas las categorías gramaticales. El ser humano se comunica pragmáticamente, pero para poder hacerlo, debe armarse de una colección de elementos, y para esto va abstrayendo los patrones que puede, cada vez que puede, de sus interacciones comunicativas. Luego, nuestra capacidad lingüística-cognitiva explota estos patrones semánticos para formar nuevas construcciones pragmáticas. Sistematizar solamente lo pragmático nos impediría extraer relaciones semánticas y nos llevaría a la necesidad de un gran capacidad de memoria para poder usar una batería no muy grande de mensajes, algo similar a los que sucede en el caso de los elefantes que revisamos en el apartado de cognición y evolución. Ideas similares han sido planteadas por teóricos adherentes a la *Usage Based Grammar*, entre cuyos trabajos fundacionales podríamos mencionar, a Bybee (1985, 2010) relativos a la relación entre frecuencia de uso y desarrollo; Hopper (1987) que caracteriza la gramática como un sistema emergente de estructuras fluidas en constante reestructuración y reorganización; Goldberg (2006), que aborda la emergencia de las generalizaciones gramaticales y la naturaleza del conocimiento gramatical; entre otros (en Diessel, 2014).

Antes de terminar con este capítulo, quisiera realizar una breve reflexión respecto del siempre escurridizo problema de la adquisición del lenguaje, en particular respecto del problema conocido como el de la pobreza del estímulo, con el que Chomsky (1959) desbarató la postura conductista, pero que quedó a la deriva luego de que la gramática generativa haya sufrido serios cuestionamientos a partir de finales de los años 80. En este sentido, podría resultar interesante considerar la adquisición del lenguaje como un proceso que sucede en nuestro desarrollo, sin más componentes lingüísticos innatos que una predisposición comunicativa como la propuesta por Tomasello (2008). De ser así, el desarrollar lenguaje

no equivaldría a aprender una lengua, sino que a desarrollar una habilidad cognitiva que montada sobre procesos cognitivos anteriores, nos permitiría sistematizar, a partir de asociaciones pragmáticas entre señales y significados, patrones cognitivos de naturaleza lingüística, o en términos de Oller y Griebel (2008), patrones de comunicación flexibles.

Más concretamente, adquiriríamos la habilidad para identificar como saliencias cognitivas un componente del estímulo, al mismo tiempo que el estímulo completo, las primeras se convertirán en nuestro repertorio de sistematizaciones semánticas, con las cuales construiremos castillos semánticos, mientras que las segundas, las asociaciones pragmáticas, nos proveerán del significado comunicativo completo, que es al mismo tiempo el marco del que podemos inferir las partes, y el contexto que estará asociado a las mismas.

A modo de sucinto resumen de lo que hemos desarrollado en este trabajo, considerando que hemos caracterizado los ítemes lingüísticos aprendidos sólo como una “parte” de lo que hemos denominado conceptos de lenguaje-pensamiento, y dado que dichos conceptos serían de naturaleza cognitiva, y que la cognición es una función biológica y que como tal está restringida a un dominio operacional generado en base a la interacción de las predisposiciones genéticas de un organismo con su ambiente, resulta bastante difícil concebir el procesamiento lingüístico dejando de lado todo el trasfondo desde el cual ha emergido.

4. COMPUTACIÓN

Como veremos en este capítulo, las principales características biocognitivas que hemos revisado hasta aquí han sido omitidas en el desarrollo computacional y de la inteligencia artificial. Principalmente probablemente por una cuestión práctica, una necesidad de resolución de problemas específicos que un sistema general que no traería consigo demasiadas aplicaciones funcionales en principio. A pesar de esto, habiendo pasado ya varias décadas desde el inicio de estas disciplinas, la creación de programas como solucionadores de tareas específicas se ha ido haciendo progresivamente muy costoso, y la idea de agentes que puedan resolver distintos tipos de problemas adecuando sus estructuras físicas o informáticas a las variaciones contextuales ha ido cobrando fuerza. La idea de este capítulo es mostrar, a grandes rasgos, esta transición y proponer que modelos computacionales biocognitivos podrían ayudar a dar el salto hacia una nueva generación de aplicaciones de inteligencia artificial.

Uno de los problemas, como hemos anticipado, que ha padecido el desarrollo computacional de herramientas para el procesamiento cognitivo de la información, ha sido la gran influencia del punto de vista antropogénico (Lyon, 2005); de hecho, el punto de partida de la mayoría de las investigaciones han sido una, o más, de las instancias más complejas de la cognición humana (Gardner, 1988). Como ya discutimos, no es que tomar como referencia las capacidades cognitivas humanas sea una decisión errónea *per se*, sino que el sesgo que se produce sobre la aproximación al fenómeno cognitivo resulta muy poderoso, puesto que dichas capacidades muestran un grado de complejidad muy alto, y un grado de imbricación aún mayor, lo que hace muy difícil distinguir funcionalmente los componentes asociados a la resolución de problemas. Tanto más, cuanto que cada vez que se ha intentado emular los comportamientos de organismos supuestamente no cognitivos, o de un nivel cognitivo muy elemental, nos hemos percatado de lo complejos que pueden llegar a ser, y de lo increíblemente difícil que es replicar en máquinas sus mecanismos y procesos (Prescott, Redgrave & Gurney, 1999; Van Duijn *et al*, 2006). A continuación, en primer lugar, revisaremos algunas fortalezas y debilidades, de propuestas cognitivas vincu-

ladas al lenguaje, para posteriormente hacer lo propio con otras más inspiradas biocognitivamente.

4.1 COMPUTACIÓN Y LENGUAJE

4.1.1 EL COMPUTACIONALISMO CLÁSICO

Alentados por el desarrollo computacional de la primera mitad del siglo XX, la noción de cognición estuvo profundamente influenciada por ideas computacionalistas. Podríamos situar *grosso modo*, el origen de estas ideas en la denominada tesis Church-Turing, según la cual no existirían funciones teórico-numéricas efectivamente computables que no fuesen computables por una máquina de Turing, la que, en pocas palabras, podríamos definir como un constructo abstracto que mediante la implementación de algoritmos de alta complejidad, y en base a un programa, podría resolver problemas de modo inteligente en un número finito de pasos (Copeland, 1993). Lo que, dentro del marco de la época, de la inteligencia humana como una capacidad fundada en la lógica, derivó en la idea de un posible paralelo.

Las ideas de Turing (1950) deben situarse dentro de un marco preeminentemente funcionalista, en lo que se conoce como “funcionalismo de máquina de Turing”, de corte profundamente anti-biológico y programático. Anti-biológico, porque la materialidad de la implementación de un sistema inteligente no determinaría su funcionamiento, y programático, en cuanto la inteligencia de la máquina radicaría en su capacidad de cargar programas que convirtieran inputs en outputs adecuados a la resolución de un problema. Según esta visión, podría haber muchas implementaciones materiales diferentes para un determinado estado mental, pero lo importante sería que estos se corresponderían sólo a distintas instancias (*tokens*), de un mismo tipo (*type*), y que por consiguiente, traerían consigo las mismas respuestas conductuales.

Esta influencia de la lógica matemática en la computación en forma de programación lógica, fue fundamental en el comienzo de las ciencias cognitivas, tanto así que autores como Newell y Simon (1976) llegaron a afirmar que de su estudio se podría deducir que la inteligencia residiría en sistemas de símbolos físicos, lo que daría origen la conocida hipótesis del sistema universal de símbolos. Según la versión débil de esta hipótesis, sería posible, dadas determinadas condiciones, construir un sistema universal capaz de pensamiento, mientras que según la hipótesis fuerte, sólo un sistema universal de símbolos sería capaz de pensamiento. Si la segunda de estas fuera correcta, la IA sería por fuerza posible, y el cerebro sería sólo una instanciación particular de un sistema de símbolos, por lo que la investigación con base en computaciones y procesamiento simbólico serían los más adecuados para develar el funcionamiento del mismo. Independientemente de una preferencia por la hipótesis débil o fuerte, estas ideas serían el sustrato del denominado supuesto sustantivo computacional (Vallejos, 1998), que determinarían el carácter computacionalista de las investigaciones en ciencias cognitivas.

Es a partir de esta visión de la cognición, que nociones como composicionalidad y recursión cobran relevancia en el estudio de la misma. Como vimos, la representación composicional es una representación simbólica en la que el significado estaría determinado por los significados de los símbolos que componen el símbolo final (Copeland, 1993), y que requiere de un conjunto de elementos de carácter convencional, que pueda servir como base para las composiciones, lo que en términos de Fodor y Pylyshyn (1988) podríamos denominar significados atómicos. La recursión, por su parte, sería la propiedad de un tipo de *regla gramatical* (modos válidos de componer símbolos) que permitiría elaborar significados en distintos niveles mediante el ensamblaje de símbolos más simples, o en otras palabras, la que facilitaría la articulación simbólica.

La relación entre composicionalidad y recursión sería central porque mediante la composicionalidad se forman nuevos significados, mientras que la recursión posibilita la formación de los símbolos portadores de esos significados. Sin recursión no sería posible acoplar símbolos para crear nuevos significados, y sin composicionalidad estos acoplamientos simbólicos no tendrían ningún significado. La productividad, sería el producto de

esta relación, puesto que de no existir un símbolo que pueda representar un significado, este se podría generar en base a la composición de significados ya existentes (Copeland, 1993). Gracias a esto, el conjunto de símbolos-significados de un sistema podría crecer indefinidamente (o al menos hasta donde su memoria lo permitiera), y por consiguiente, podría representar cualquier información gracias a la producción de nuevos símbolos-significados a medida que le fuera necesario.

En la misma línea, y siempre con la intención expresa, en mayor o menor grado, de conectar los tres aspectos fundamentales de estudio en ciencias cognitivas en este periodo, lenguaje, computación y cognición; los paralelos entre conceptos como cerebro y computador son variados, a modo ilustrativo, revisaremos someramente la propuesta de Block (1995), del cerebro como un motor sintáctico dirigiendo un motor semántico:

A modo de introducción acordemos que en la IA clásica, la manera de solucionar problemas complejos, es mediante la descomposición recursiva de tareas complejas en subtareas cada vez más simples, la que finalmente debería llegar a un punto donde la solución de una subtarea se reduce a instrucciones elementales como copiar, borrar o escribir x . El punto crucial, es que estas operaciones terminales o básicas (dependiendo de cómo queramos verlo), y por lo tanto todas las operaciones de un computador, se realizan sobre símbolos, y están basadas sobre operaciones sintácticas. Es, de hecho, por esto que hablamos de un computador como un manipulador de símbolos. Siendo así, cada una de las operaciones que la máquina realiza, de naturaleza física, están basadas sobre la arquitectura de la misma, y en este sentido, estarían determinadas por la estructura causal de la máquina.

Sin embargo, tomando en consideración que las operaciones realizadas en niveles superiores de un computador pueden ser explicadas en el nivel del programa que ejecuta dichas operaciones de nivel superior, Block (1995) postula un isomorfismo entre la función simbólica, y otra semántica (la de nivel superior). En pocas palabras, la idea es que las operaciones simbólicas se reflejarían en operaciones que relacionan representaciones, por medio de una función semántica, que, aun cuando estaría asociada a los significados de los símbolos, no lo estaría a símbolos como tales. Un ejemplo sencillo, del mismo Block (1995), es que mientras la orden a un nivel simbólico es: “si 1 es operado con 1, escribe

10”, a nivel semántico es: “si 1 es operado con 1, escribe 2”. De este modo, dicho isomorfismo sustentaría, en base a las regularidades simbólicas, la idea de un motor sintáctico conducente a un motor semántico.

La propuesta de Block (1995) es que, de ser así, mediante la evolución y el aprendizaje, el cerebro iría correlacionando reflexivamente estructuras simbólicas con significados, explicando cómo entonces cómo una máquina “ciega”, en cuanto un cerebro no sabe qué procesa, puede dirigir procesos de pleno sentido. El problema con esta tesis, más allá del sustrato cognitivo-computacional en sí mismo, es que no explica cómo se asociarían determinadas estructuras simbólicas con ciertos significados de un modo cognitivamente significativo, ni cómo se podría integrar asociaciones contextuales en niveles superiores.

Como podemos notar, muchas de las observaciones que hemos realizado a las ideas clásicas de la cognición tienen que ver, o se derivan expresamente, de los supuestos computacionales que recién revisamos. Ideas como la sistematicidad fundamentada en una composicionalidad subyacente como la expuesta por Fodor y Pylyshyn (1988), o por Fodor y McLaughlin (1990), tienen un claro sustrato computacionalista en este sentido. Del mismo modo, podemos notar, que la capacidad cognitiva por excelencia, a la que se ha apuntado desde esta perspectiva ha sido el lenguaje, considérense; por ejemplo, Turing (1950), o Chomsky (en todas sus versiones). Claramente el lenguaje es la muestra más evidente de la complejidad de las habilidades humanas; no obstante, el asociar tan ligeramente la cognición, con el lenguaje, y a su vez, estas con la computación, ha llevado en muchos casos a asumir erróneamente relaciones inexistentes entre estas.

Hay que entender que en este periodo la perspectiva computacionalista, siendo la posición dominante, no sentía tampoco la necesidad de explorar ideas alejadas de un marco en el cual la sintaxis ejerciera el rol central del lenguaje o incluso del pensamiento.

El tema de fondo que quisiera rescatar en este respecto, es que no sólo se ha buscado caracterizar equivocadamente la cognición como un proceso de naturaleza computacional, sino que además se ha intentado condicionar la posible cognición en agentes artificiales a capacidades cognitivas humanas complejas, como el lenguaje, lo que resulta bastante excluyente, si consideramos que manifestaciones de funciones cognitivas de diversa índole

son evidentes, como hemos visto, en variadas modalidades y organismos. El lenguaje es, indudablemente, una gran meta de estudio, tanto en sí misma, como en relación a otros fenómenos, no obstante su influjo desmedido sobre las teorías de la cognición ha resultado ser, muchas veces, más pernicioso que beneficioso, probablemente no debido, como veremos, a que el estudio del lenguaje en sí mismo no sea una capacidad pertinente al estudio, sino que a los procesos de sistematización que se han asumido como sustrato no han tenido el trasfondo cognitivo apropiado. A continuación revisaremos muy superficialmente, varios casos de intentos de sistematización del material lingüístico, que de una u otra manera, reflejan esta idea.

4.1.2 REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN SEMÁNTICA

Como bien plantea Prince (1982), una característica presumiblemente universal del lenguaje natural es la que denomina *asimetría de la información* (*informational asymmetry*), que, en palabras sencillas, se refiere al fenómeno en que algunas unidades vehiculan información más antigua o conocida (*older*) que otras.

Algunas distinciones pertinentes en este aspecto han sido las de *predictibilidad*, es decir, el que el hablante asuma que su interlocutor puede predecir que un determinado ítem lingüístico estará o debería estar en una posición determinada dentro de una frase (Prince, 1982); *saliencia*, o el que el hablante asumiría una cierta información en la consciencia de su interlocutor (Chafe, 1976); y *conocimiento compartido*, según la cual el hablante, en base a su conocimiento de mundo, asume lo que su interlocutor sabe, asume, o es capaz de inferir (Prince, 1982; Sperber y Wilson, 1995; Bara, 2010). El poder realizar distinciones de esta clase sería lo que dotaría a las personas de la capacidad de estructurar enunciados de maneras “típicas” y de solucionar (y crear por lo demás) ambigüedades enunciativas.

Otra distinción manifiesta lingüísticamente y relacionada con lo anterior, es la de *definición* en contraposición con *indefinición*, y que recoge el hecho de que continuamente asignaríamos ciertos grados de “cercanía mental o cognitiva” a ciertos sustantivos mediante determinantes de modo que, por ejemplo, en español: “el perro”, “su perro”, “un perro”,

“cada perro”, o “ø perro”, vehiculan evocaciones diferentes, y para lo cual se han propuesto propiedades de sustrato como, por ejemplo, la de *unicidad* (*uniqueness*) mediante la cual diferenciaríamos “un estudiante”, de, “el estudiante”, en cuanto, lógicamente, el artículo definido implicaría dicha unicidad, pero que fallaría en casos sencillos como “me pegué en el brazo”, puesto que, en realidad, tengo dos brazos y la implicancia lógica no sería atingente (Abott, 2008); *familiaridad* (*familiarity*), fuerza (*strength*), o especificidad (*specificity*), son otras de las propiedades de sustrato que se han propuesto, entre muchas otras (Ibídem).

Los dilemas mencionados arriba repercuten en los algoritmos que se usan para el procesamiento de lenguaje natural, un caso recurrente es el del tratamiento de la referencia. Dentro de este marco, enunciados anafóricos son tratados mediante algoritmos que generan representaciones de un referente una vez introducido, lo que se denomina evocación, mientras que cualquier otra mención del mismo se cataloga como un acceso a dicha evocación. El problema, como es de suponer, es como generar asociaciones correctamente entre expresiones correferenciales distintas (*María, ella, mi tía, etc*). Las soluciones utilizadas para resolver estas correferencias funcionan sobre la base de las restricciones semánticas y sintácticas que puedan deducirse de los potenciales correferentes. Así, marcas como número, género, persona y caso son utilizadas para corroborar pertinencias semánticas, mientras que otras como reflexivos, restricciones selectivas (*Homero tuvo que ir a buscar su Toyota. Lo había dejado **estacionado** en la línea amarilla*), roles gramaticales, semántica verbal (para diferenciar casos como: i) *Eduardo distraía a **Manuel**. [él] **Estaba** ocupado*; ii) *Eduardo retó a Manuel. [él] **Estaba** ocupado*), u otras similares, son utilizadas para buscar soluciones sintáctico-semánticas. Por lo general, los algoritmos de resolución de referencias utilizan un modelo basado en la idea de que en cada momento de un discurso sólo hay una entidad central, según la cual, el resto de los elementos del enunciado se etiquetan desde $A_1 \dots A_n$, A_1 , hasta, $P_1, P_2 \dots P_{n+1}$, donde A iría por anterior y P por posterior, esto se es conocido como centrado (*centering*) (Grosz *et al*, 1995). Un algoritmo clásico entonces, como el descrito por Jurafsky y Martin (2000), deberá generar todas las posibles combinaciones A-P para cada posible conjunto de asociaciones, realizar un filtrado utilizando el conjunto de restricciones gramaticales disponibles, y finalmente ordenar las posibilidades aplicando un algoritmo para determinar la transición más probable (que, en palabras sencillas

llas, relaciona el tipo de elemento que coocurre con cada uno de los posibles correferentes entre sí).

Como podemos notar, el dilema de fondo es siempre cómo dar con lo que cognitivamente consideraríamos saliente en una interacción *online*. Somos proclives a obviar entidades lingüísticas porque nos son obvias cognitivamente, sin embargo, hasta este punto no ha habido una manera de incorporar esto en un modelo computacional. Paradójicamente, mientras el procesamiento computacional de la información semántica ha estado limitado por el desarrollo de las teorías lingüísticas formalistas, estas últimas no han podido resolver muchos de sus problemas debido al influjo de la metáfora del cerebro-computador, que no pareciera ser apta a un tratamiento cognitivo del lenguaje.

En una línea similar a lo anterior, pero con claros tintes más innovadores, un proyecto que vale la pena mencionar es el del análisis léxico propuesto por Hanks (2013) en lo que denominó *análisis de patrones en corpus (corpus pattern analysis)*. La idea detrás de esta propuesta es, básicamente, que para buscar el verdadero significado de una palabra, se debe recurrir a la evidencia, en este caso, proveniente de corpus. El corpus es fundamental porque en él se pueden buscar patrones estadísticos, de naturaleza semántico-sintáctica, de como las palabras son utilizadas en contextos “reales”. Esto es relevante, en comparación con intentos previos, puesto el proceso de atribución de significados sería derivativo, y no *a priori*, ni siguiendo un procedimiento inductivo, un eterno problema en lingüística.

Otro aporte importante de esta propuesta es la noción de *convencionalidad* como también derivable de la evidencia, y por lo tanto constituida en el uso y de naturaleza gradual. La convencionalidad, se correspondería con el uso no-marcado de un elemento lingüístico (en este sentido la idea de convencionalidad es similar a la de prototipicidad), por lo que, contrastando las medidas estadísticas de ciertos usos con otros, uno podría también reconocer patrones de uso pragmático del lenguaje, lo que Hanks (2013) denomina *explotaciones*. Lo central de la propuesta, siguiendo el argumento, es que habría dos propiedades contrapuestas que gobernarían el uso del lenguaje, una que forma *normas* de uso convencional o prototípico, y otras que *explota* deliberadamente esta convencionalidad de modo tal de generar nuevas formas lingüísticas.

Si bien esta propuesta recoge muchas nociones de corte cognitivo, tiene algunos inconvenientes metodológicos, entre ellos, que para el funcionamiento del algoritmo de búsqueda de patrones dentro del corpus, este debe estar dotado previamente por una *ontología*, y la creación de la ontología está hecha básicamente *a priori*, por ejemplo, elementos como *luz*, *sonido* y *señal*, se cuentan dentro de la categoría *longitud de onda*, y a su vez esta, dentro de *energía*, luego *entidad*, y luego *todo* (*Anything*). Esto es abiertamente cuestionable desde varios puntos de vista, pero por sobre todo, cognitivamente hablando, puesto que resulta inverosímil pensar en que una persona cree categorías del tipo, y aun cuando fuera así, que estas fueran plenamente compartidas, uno podría aventurar que un mejor tratamiento para este tipo de estudios, tendría que producir ontologías del mismo modo que los patrones, puesto que probablemente de existir algo como una ontología, o en su defecto, para poder utilizarla sólo como un constructo metodológico, estas deberían ser derivadas de la evidencia empírica, y ser de una naturaleza también gradual. Otro inconveniente, es que, dado que los patrones de uso que dan lugar a los distintos significados se basan en distinciones semántico-sintácticas, las atribuciones no pueden ser hechas por computadores, al menos no en un principio. Consideremos el verbo *cortar*, si bien podríamos diferenciar algunos usos considerando sintaxis + naturaleza ontológica del complemento, en la mayoría, se requiere participación humana (“*cortar un cable; cortar(se) la cara; cortar camino; cortar una relación*, etc.).

Si bien los estudios y las distinciones a los que hemos hecho referencia, se han enfocado en fenómenos lingüísticos muchas veces incuestionables, podríamos asociar la causa de estos fenómenos lingüísticos a fenómenos cognitivos que les subyacen. No es que los contrastes entre información nueva y conocida, o entre lo definido y lo indefinido, por nombrar algunas, aparezcan en este nivel sin un trasfondo, dado que el lenguaje-pensamiento se monta en capacidades cognitivas anteriores. Es más, es sabido que los algoritmos de procesamiento lingüístico deben modificarse considerablemente para cada lengua, y no solamente por las características propias de las mismas y sus derivadas restricciones gramaticales, sino además porque componentes sociales, como la formalidad, u otros

psicológicos, como la empatía, pueden alterar significativamente el orden de las palabras (Di Eugenio, 1997).

En este sentido, intentar formalizaciones muy rígidas nos llevará siempre por el mismo camino ya conocido, y con tres eventuales métodos de resolución de ambigüedades como opciones: i) apoyo humano directo, en el que una persona, o un grupo de personas, caso a caso, vayan resolviendo y/o creando anotaciones; ii) apoyo humano indirecto, en el que grandes grupos de personas corrigen ciertos aspectos de, por ejemplo, traducciones, aunque sin un objetivo específico, y de cuyas correcciones un procesador pueda perfeccionar los algoritmos para el tratamiento del material lingüístico; o, iii) que integrando una cantidad de datos inconmensurable, nos resignemos a resolver ambigüedades por la fuerza bruta, o como en palabras de Halevy, Norvig y Pereira (2009), mediante la irracional efectividad de la información (*Unreasonable effectiveness of data*).

4.1.3 LINGÜÍSTICA COMPUTACIONAL Y COGNICIÓN

La lingüística, en todo caso, no se ha quedado hundida en estos dilemas, y muchos modelos lingüístico-cognitivos se han propuesto a partir del desmoronamiento de las ideas clásicas en los años ochenta, principalmente desde la psicolingüística y la lingüística antropológica. A pesar de esto, la injerencia de dichos modelos ha sido muy baja en las teorías de corte informático, posiblemente, como veíamos en el apartado dedicado a la sistematicidad, por la inespecificidad del “material” cognitivo y la dificultad consecuente de trabajar con este. Algunas propuestas que han tomado en consideración este dilema, y que revisaremos a continuación, son la semántica de esquemas (*frame semantics*), y el modelo basado en eventos propuesto por Elman (2014).

La noción de semántica de esquemas puede ser resumida de modo general mediante la famosa frase de Charles Fillmore (1976) “*los significados son relativos a escenas*”. En esta teoría, los significados son determinados por su marco de aparición, o esquema. Esta idea es bastante similar a la de Bara (2010), según la cual las interacciones comunicativas

dependen de un marco interpretativo que de no ser conocido por alguno de los comunicantes no le permitiría aprehender el significado de la interacción verbal. Los fundamentos teóricos de la propuesta en cuestión provienen de dos marcos, la gramática de casos del mismo Fillmore, que caracterizaba pequeñas escenas abstractas identificando sus participantes, los enunciados y sus roles utilizando la gramática transformacional, y de la noción de marco (*frame*) introducida por Minsky (1975), como un sistema de conocimiento “encontrado” de representaciones en inteligencia artificial (Hamm, 2007). Dos nociones resultan centrales dentro de esta propuesta, la de prototipo, ya que los esquemas pueden ser entendidos como la descripción prototípica de un conjunto de escenas; y el de *profiling*, según el cual la evocación de un concepto estaría asociado a la de un marco particular (por ejemplo, el concepto de hipotenusa es claro, pero ¿puede ser evocado sin triángulo como marco?). Ambas nociones son de vital importancia es posteriores desarrollos, y tienen una clara intuición cognitiva que las justifica, a saber, los elementos no aparecen sin un contexto, y este contexto, de ser reiterativo, se hace predecible, o *semántico*.

En términos de lo que hemos expuesto en este trabajo, podríamos decir que lo que se rescata mediante la semántica de esquemas, son contextos de interacción comunicativa previamente sistematizados, es decir, semantizados de manera tal, que las conductas tanto lingüísticas, como las que no, dentro del mismo marco también lo están, por lo mismo, las implicaturas e inferencias, se pueden dar en relación no sólo al material lingüístico, sino a muchas cosas más (imaginemos un mesero que llega con la carta a la mesa de un cliente, y este se para y se cambia de mesa).

Si bien esta propuesta rescata un componente comunicativo fundamental, cuenta también con dos problemas inmediatos, uno, tal como con el *corpus pattern analysis*, la anotación se lleva a cabo “a mano”, o caso a caso, lo que la hace inaplicable, puesto que para el tiempo que haya una base de datos suficiente como para utilizar el modelo, lo más probable es que varios de los marcos convencionales de interacción puedan haber cambiado. Además, su enfoque puramente semántico está demasiado ligado a las culturas que poseen ciertos esquemas, y no da muchos atisbos de como podríamos generar dichos esquemas de manera automática. De cierto modo, podríamos decir que la semántica de esquemas es una especie de diccionario de esquemas, pero como sabemos, un diccionario no basta

para comprender el lenguaje, y del mismo modo, un diccionario de esquemas no basta para entender la dinámica de la interacción comunicativa.

El modelo propuesto por Elman (2014) es probablemente uno de los más interesantes que han aparecido recientemente en términos de procesamiento computacional de lenguaje, en este, se invita a eliminar la noción de lexicón, en cuanto repositorio de ítemes léxicos atómicos, y a reemplazarlo por un modelo en el que los ítemes léxicos incorporan conocimiento contextual que guían dinámicamente la interpretación de los sujetos. Podríamos resumir esta propuesta considerando los puntos principales, a saber: i) el significado de una palabra estaría enraizado tanto en nuestro conocimiento del mundo social, como en el del mundo material.

Precisamente en este trabajo hemos descrito esto como uno de los aspectos fundamentales de la cognición lingüística, puesto que nuestro dominio lingüístico se basa en nuestras experiencias, y en este sentido, la significancia de un concepto no vendría dada por una definición tipo diccionario, sino por la relevancia cognitiva atribuida a una experiencia. Ahora bien, puesto que hemos propuesto que un concepto cognitivo, puede o no, llevar una etiqueta lingüística. A lo que Elman (2014) apuntaría, sería al subconjunto de conceptos cognitivos léxicos.

ii) El significado de una palabra no puede no tener un contexto, aun cuando no siempre tengamos claro cuál sea. iii) Los *eventos* jugarían un papel central en la organización de nuestra experiencia, en base a estos es que realizaríamos inferencias, accederíamos a memorias, además de afectar significativamente la categorías del mundo que construimos. Es necesario explicar la noción de eventos como propuesta aquí: Un evento sería la sumatoria de un conjunto de *actividades* relacionadas, de manera tal que la coherencia entre estas actividades determina el inicio y el fin de un evento. A su vez, cada actividad se debe descomponer en tres categorías que se presentan simultáneamente: *entidades*, *acciones* y *contexto*. iv) Es necesario utilizar modelos basados en sistemas dinámicos, puesto que estos proveen de un marco en el que es posible entender el comportamiento de base biológica.

En cuanto a fortalezas y debilidades, la incorporación del contexto cognitivo es vital, de hecho los tres primeros puntos refieren a lo mismo, mientras que la idea de integrar

sistemas dinámicos para el procesamiento del lenguaje natural por sí sola no es novedosa, sí lo es en la medida en que la dinámica estaría sujeta no sólo a una cuestión de probabilidades bayesianas, por ejemplo, sino a un marco contextual que incorporaría elementos experienciales tanto lingüísticos, como de otras naturalezas. Una última ventaja que vale la pena mencionar, es la difuminación de la siempre rígida distinción entre elementos sintácticos y léxicos, puesto que el modelo sugiere una integración interpretativa que vincula evocaciones léxicas con estructuras gramaticales y a la vez con el discurso que sirve como marco.

Por otro lado, las debilidades tienen que ver con factores recurrentes en propuestas de este género, en primer lugar, la necesidad de integrar conocimiento experiencial no-lingüístico requiere una capacidad cognitiva-perceptual que con la que un computador no cuenta, por lo que la única manera de dotarlo de esta base de datos sería mediante anotaciones (que conste que este problema fue anticipado ya por Turing (1950), aunque en otro marco teórico); junto con esto, uno podría cuestionar la noción de evento y actividad, ya que es difícil asumir estos elementos siempre puedan estar claramente delimitados, la experiencia cognitiva no pareciera ser de una naturaleza tan reticulada, aun cuando el lenguaje nos permita conceptualizarlo de este modo.

Mi intención aquí no ha sido ni hacer una revisión exhaustiva ni discutir en profundidad las distinciones que se han expuesto, sino dejar constancia sobre el hecho de que, a medida que han ido surgiendo problemas para la sistematización semántica con base en un modelo molecular, es decir, con una sintaxis determinante y un léxico atómico, la tendencia ha sido a sistematizar el contenido lingüístico en relación a la capacidad de predecir el contenido mental que estaría hipotéticamente detrás del lenguaje mismo, o al menos, detrás de su operación como una interfase mente-realidad. Vistas así, las capacidades cognitivas más complejas serían manifestaciones de capacidades de sustrato idénticas.

Disciplinas como la lingüística computacional, con una fuerte herencia generativista, han basado sus esfuerzos en esta distinción muy potente, aunque bastante *a priori*, entre lo dicho y lo pensando, o si se quiere, entre la competencia y el desempeño (*competence and performance*), que en estos tiempos, no podríamos categorizar como incuestionable. Tal vez, podríamos preguntarnos, si realmente resulta conveniente seguir construyendo

modelos sobre esta dicotomía, o si por otro lado, entendiendo la relación entre cognición y lenguaje-pensamiento como imbricada, no sería mejor plantearse la posibilidad de generar no modelos cognitivos inspirados en el lenguaje, sino modelos del lenguaje inspirados en la cognición.

En la última parte de este trabajo revisaremos y discutiremos algunas propuestas en las que tal vez podamos encontrar posibles soluciones, basadas en fundamentos más primitivos, como aquellos esenciales en la cognición biológica, en otras palabras, partir desde el principio.

4.2 COMPUTACIÓN Y COGNICIÓN

4.2.1 LA CRIATURA DE BROOKS

Dentro de las varias respuestas de las llamadas corrientes alternativas en ciencias cognitivas, una propuesta particularmente interesante ha sido la de Brooks (1987), revisaremos a continuación sus principales características.

Brooks plantea una forma de IA de naturaleza *bottom-up* basada en capas de actividad que se superponen progresivamente, pero que funcionan autónomamente en paralelo, realizando funciones muy específicas. La hipótesis que sustenta este planteamiento es la concepción de la inteligencia como una propiedad incremental, por capas. En teoría, las primeras capas, en el caso de los seres vivos, estarían pautadas por la evolución, lo que explicaría comportamientos “de base” compartidos (comportamientos puramente físicos, como evitar obstáculos).

Dado lo anterior, la complejización del sistema dependería en gran medida de la complejidad de su ambiente, puesto que este sería el factor detonante en la generación de nuevas capas de actividad con nuevas funciones de nivel superior. En base a esto, uno podría explicar la evolución mediante la adaptación de los organismos a su ambiente en cuanto a la generación de capas de actividad que se hubiesen ido agregando a lo largo de sus

respectivos procesos evolutivos. Las especificidades de la relación entre el organismo y el ambiente habrían generado ramificaciones en base capas de actividad.

El primer giro fundamental, por lo tanto, es el paso desde la noción del lenguaje o de la resolución de problemas como comportamiento inteligente, a la noción de múltiples procesos coexistentes que dan lugar a una inteligencia incremental. Estos procesos son independientes sensorialmente y tienen diferentes canales de respuesta, pero interactúan para generar el comportamiento del sistema en total. Otra de las propuestas interesantes de Brooks es la negación de la noción de un procesador central, junto con la de representación de la IA clásica, esto lo lleva a la postulación de una nueva arquitectura, que denomina de subsunción.

La no existencia de representaciones centrales tendría más ventajas que desventajas: en primer lugar, las representaciones son costosas cognitivamente hablando, eliminando las representaciones el sistema puede responder de manera mucho más rápida a los estímulos ambientales. Además disminuiría en gran medida la posibilidad de un colapso general del sistema, a lo sumo, podrían verse inutilizadas ciertas capas, pero no existiría una caída con “efecto dominó”. Finalmente, puesto que cada capa de actividad utilizaría un *hardware* diferente, cada cual utilizaría sus propios recursos para cumplir su objetivo, por lo que la independencia incremental de las capas podría explicar cómo es que se pueden realizar más procesos, más sofisticados, sin sobrecargar un único (súper) procesador. (y como por muy poco inteligente que se pueda ser en algún nivel de capas superiores, se puede de todos modos cumplir perfectamente bien con tareas de niveles inferiores).

La criatura estaría formada por un conjunto de comportamientos que conectan percepción y acción directamente, y que competirían entre sí, sin necesidad de representaciones, ni siquiera a nivel local. Serían mecanismos de acción-reacción. En pocas palabras, la criatura estaría determinada por su relación con el ambiente, mientras que las representaciones serían innecesarias porque la generación de un modelo sería innecesaria

Ahora bien, entre las muchas fortalezas del modelo propuesto por Brooks (1987) podemos destacar la aproximación desde un punto de vista biológico, en palabras de Lyon (2005), la decisión de tomar una aproximación biogénica al problema de la inteligencia en máquinas. En este sentido, resultan muy interesantes la aproximación corporeizada, la concepción del sistema como una colección de procesos simultáneos, y la noción de inteligencia incremental, puesto que la primera sitúa la resolución de problemas en un contexto real y no puramente abstracto, la segunda plantea una salida a la necesidad de un procesador central, fundamental para la arquitectura clásica, mientras que la tercera propone una explicación bastante viable respecto de la diferenciación cognitiva mediada por el ambiente de un organismo, ya que la modulación de cada capa estaría asociada a los distintos inputs sensoriales y a la complejidad de las tareas requeridas.

Por otro lado, la principal debilidad de este modelo es la idea de la transformación directa de *inputs* en *outputs*. En su afán de negar un procesamiento representacional de la información, Brooks (1987) acaba por convertir cada una de las capas de su criatura en autómatas no cognitivos, y si bien se plantea la idea de la emergencia de la cognición como debida a la colección de funciones en paralelo, sin un procesamiento de ningún tipo de por medio, más que una emergencia propiamente tal, nos encontraríamos con una gran colección de respuestas automáticas en distintos niveles. Además, se da por supuesto que al estar en diferentes niveles, las relaciones *input-output* serían dependientes sólo en una línea incremental, lo que en realidad podría no ser tan así, ya que probablemente las acciones en un nivel superior podrían afectar el medio en el que está respondiendo otra capa de nivel inferior. Siendo así, y basándonos en lo que vimos en los primeros apartados, si bien no es necesaria la existencia de un procesador central, uno esperaría que un agente cognitivo basara sus acciones en el contraste de estímulos provenientes, en primera instancia, de distintos ciclos temporales dentro de un mismo sistema perceptual, es decir, que cada capa, aun cuando pudiese responder independientemente, contase con ciclos que le permitieran tener algún tipo de memoria; junto con esto, debiera haber alguna relación entre las capas que le permitiera coordinar acciones de manera *top-down*, de lo contrario, se podría llegar a un determinismo ambiental. Finalmente, es difícil aventurar un mecanismo para una posible

generación de comportamientos sistemáticos a partir de este modelo, puesto que más que la posible repetición de las contingencias externas, no pareciera haber un acoplamiento con el medio que propiciara comportamientos más probables que otros bajo determinadas circunstancias.

4.2.2. POSIBLES APLICACIONES DE COGNICIÓN MÍNIMA

Algo que no podemos omitir, en relación, tanto con lo anterior, como con las ideas de cognición mínima, son los potenciales desarrollos informáticos biológicamente inspirados en el comportamiento de organismos considerados agentes mínimos cognitivos, principalmente basado en bacterias.

Uno de los conceptos bastante utilizados en jerga informática es del autonomía, sin embargo el concepto a que hace referencia este término, por lo general dista bastante de lo que uno esperaría en relación a nuestra experiencia. En este aspecto, Muller, di Primio y Lengeler (2001) han propuesto que para conseguir una verdadera autonomía artificial, sería necesario incorporar algunas de las capacidades que poseen, al menos, los organismos más simples, es decir, funciones cognitivas mínimas. En esta misma línea, Gershenson (2015) plantea que la autonomía debería trabajarse, en términos informáticos, como una medida gradual de autopoiesis, puesto que la autonomía iría emergiendo en transiciones suaves a medida que los sistemas se complejizan. La meta sería emular algunas funciones biológicas básicas que parecieran estar relacionadas con transiciones cognitivas, entre estas, podríamos mencionar, la capacidad de autoensamblarse (veremos intentos incipientes de aplicaciones que utilizan autoensamblaje y otras formas de autoorganización un poco más adelante), de manera de formar nuevas unidades con nuevas capacidades, o con capacidades aumentadas, algo que es bastante común en organismos como las bacterias, y que les permite adaptarse rápida y consistentemente a cambios en su ambiente (Muller, di Primio y Lengeler, 2000). En este sentido, y dado que podemos concebir el aprendizaje, como un

proceso de reconfiguración adaptativa de un sistema, en respuesta a estímulos ambientales, la autonomía se basaría sobre la flexibilidad “cognitiva” del sistema, en cuanto esta flexibilidad vendría dada por el grado de reconfigurabilidad de los agentes en juego. Uno, de hecho, en esta línea, podría ilusionarse con computadores “unicelulares” que pudieran establecer comportamientos como los de las colonias bacterianas, modulando el comportamiento retroactivamente desde lo grupal a lo individual y viceversa, de modo que las potenciales reconfiguraciones estuvieran determinadas no sólo por la inteligencia aislada y por lo tanto limitada de un computador celular, sino que un grupo de ellos, que sería capaz de procesar mucha más información y en un espectro más amplio. Es importante destacar, en relación a lo anterior, que aunque no imprescindible para la existencia de un individuo aislado, la capacidad de *cooperar*, y por lo tanto de establecer patrones comunicativos funcionales, es una habilidad mínima cognitiva indispensable para la adaptación a un ambiente, tanto del individuo dentro de una población, como para la población en conjunto (Muller, di Primio y Langelier, 2001).

Como revisamos en los apartados dedicados a cognición, dos rasgos importantes para diferenciar un procesamiento cognitivo de uno automático, es que la respuesta al estímulo debe ser indirecta, puesto que es procesada, y modificable, puesto que el aprendizaje reconfigura la red mediante la cual el organismo responde, esta es la base de la sistematicidad biológica. En función de estos criterios, una *máquina cognitiva* debería poder incorporar una flexibilidad tanto a nivel de *software*, como de *hardware*; la primera vendría dada por la capacidad de seleccionar ciertas funciones de un conjunto, según los estímulos ambientales y su estructura de *hardware*; la segunda, vendría dada por la capacidad de modificar su estructura morfológica para obtener nuevas capacidades, ambas capacidades han sido más que probadas en bacterias (Ibídem). Como se puede notar, ambas formas de flexibilidad estarían relacionadas, ya que modificaciones de *hardware* afectarían el procesamiento de *software*, y a la inversa, modificaciones de la estructura (*hardware*) obligatoriamente deberán ir acompañadas de reconfiguración del programa controlador (*software*) de la misma.

Si consideramos la noción de inteligencia incremental, como en el caso de la criatura de Brooks antes expuesta, podríamos aventurar que al incorporar métodos de sistemat-

zación de las respuestas, podríamos dicha idea a otro nivel. Por ejemplo, integrando un circuito de memoria, no en el sentido estático clásico, sino, como el descrito por van Duijn *et al.* (2006) en el caso de la navegación quimiotáctica, en el que la memoria como tal es transiente (*software*), pero en que los patrones sistematizados son potencialmente permanentes (modificación del *hardware*). Otra posible aplicación en este sentido, es que en lugar de crear una criatura, basándonos en lo recién expuesto, podría ser más sencillo, crear una flota de agentes mínimos cognitivos, que al comportarse como un conjunto pudieran ir intercambiando información, de modo de ir generando el proceso de andamiaje (*scaffolding*) propuesto por Brooks (1987). La evolución en múltiples agentes pareciera ser más favorable, o al menos, más proclive al éxito, que el “súper-desarrollo” de uno solo, esto tanto en términos biológicos, como informáticos, como queda de manifiesto, aunque con características diferentes, por medio del uso de algoritmos evolutivos (Downing, 2015).

Insistiendo en el desarrollo con base en una multiagentividad, esta podría, no sólo proporcionar nuevas capacidades adaptativas al grupo por medio de la diferenciación cooperativa variable de los individuos, sino además por variación competitiva. Una “colonia” de agentes mínimos cognitivos artificiales, podría, tal como sucede en aquellos orgánicos, al adaptarse cada uno de maneras ligeramente diferentes a su medio, aumentar la potencial flexibilidad del grupo completo, operando en este sentido dicha variación individual como una modificación distribuida *software-hardware* a nivel de grupo. El caso ya expuesto de la *E.coli* es particularmente ilustrativo, ya que al ser aproximadamente el 40% sólo funcional en términos de comportamiento poblacional, en realidad su existencia es más análoga al de una célula componente de un organismo multicelular que a la de individuos aislado (Shapiro, 1988). Casos como el descrito, que constituirían lo que podríamos entender como un circuito retroactivo integrado de adaptación, es común, o incluso necesario para una real autonomía biológica, y sin embargo no ha sido aún aplicado en agentes cognitivos artificiales.

4.2.3 AGENTES COLABORATIVOS

Un caso particularmente interesante es el presentado por Giliotta y Mirolli (2009, 2014) en el que un grupo de robots coordinan sus acciones de modo de lograr un objetivo predeterminado por los investigadores (ir a buscar comida y simultáneamente cuidar un posición), mediante algoritmos evolutivos. El descubrimiento central de este estudio radica en la demostración de que la robustez de un modelo en el cual los robots son capaces de actuar como un equipo con roles determinados negociables y conseguir un objetivo depende de la presencia de un canal de comunicación que precisamente les permita asignar roles específicos según una tarea particular.

Es importante acotar que en experimentos anteriores, también enfocados en la resolución de tareas específicas por grupos de robots, se encontraron soluciones igualmente efectivas, pero que carecían de robustez (Baldassarre *et al*, 2003; Quinn *et al*, 2003; Tuci *et al*, 2013; en Giliotta y Mirolli, 2014). Esto traía como consecuencia que variaciones mínimas de la situación experimental o de la cantidad de robots participantes, hicieran inaplicables las soluciones encontradas anteriormente. En otras palabras, la fragilidad de las soluciones se debía a que eran específicas no sólo a la tarea, sino a la situación y al número de robots involucrados. Siendo así, el aporte principal del trabajo de Giliotta y Mirolli (2014) sería evidenciar que la comunicación permite la formación de patrones de resolución de problemas, en desmedro de muchas soluciones específicas, algo más cercano a lo que podemos ver como estrategia por parte de los seres vivos.

Un punto que es particularmente relevante dentro del marco de las ideas de este trabajo, es que en el estudio en cuestión se llevaron a cabo dos experimentos, uno con una función de aptitud (*fitness function*) conductual, es decir, que “premiaría” el hecho de que los robots logaran posicionarse de manera de cumplir el objetivo, y otro con una segunda función de aptitud comunicativa, que “premiaría” el desarrollo de *aptitudes comunicativas* (mientras un robot emite una señal de alto valor, el resto emite señales de bajo valor). Los resultados arrojaron una clara superioridad del segundo experimento por sobre el primero, además de una robustez considerable al realizar modificaciones tanto a la configuración

física del ambiente de trabajo, como a la cantidad de robots involucrados en la tarea. Esta robustez sería consecuencia directa del desarrollo coevolutivo de su capacidad comunicacional, basada sobre la función de aptitud programada en primer lugar.

En este caso el comportamiento exhibido por el grupo de robots es evidentemente sistemático, y esta sistematicidad se logra en base a los procesos comunicativos entre los mismos, lo que claramente refuerza la idea de la comunicación como un proceso basado sobre un sustrato de sistematicidad. No obstante lo anterior, es importante dejar claro que dichos procesos comunicativos, si bien sistemáticos, no representan procesos cognitivos, esto principalmente por dos razones: en primer lugar, en relación a la noción presentada anteriormente, de cognición como la propiedad que determina la dinámica de acción de un agente en el mundo, estos robots no tienen una dinámica de subsistencia o de interacción con el medio más que la previamente dada por los investigadores mediante la función de aptitud, la cual determina su agentividad, en este sentido, esta función podría considerarse, metafóricamente, el sustrato de su agentividad cognitiva; en segundo lugar, y en base a lo mismo, no hay una reinterpretación del mundo debido a las actividades realizadas en el mismo, que pudieran servir para otro tipo de actividades más que para la cual los robots fueron programados.

Con base en estudios similares en percepción visual, Ward y Ward (2007) postulan que combinando una estructura cognitiva como la de Brooks (1987) con la noción de agentes cognitivos mínimos, uno podría concebir los procesos cognitivos en el ser humano como una colección hiper-distribuida de procesos de atención mínimos, de modo tal que para cualquier actividad, la emergencia de la acción provendría del procesamiento combinado de miles o millones de pequeñas asociaciones, cada cual con un sistema de memoria y de procesamiento selectivo de rasgos reconocidos como relevantes. Esto iría de la mano con estudios que demuestran que, al menos en visión artificial, procesos modulares, o con subprocesos distribuidos colaborativos, resultan más eficientes (Navarrete, 2016).

En relación con lo anterior, un tema que podría ser relevante, pero que daría para una discusión mucho más profunda de lo que podemos permitirnos aquí, sería hasta qué punto podríamos diferenciar dichos comportamientos mínimos asociativos y especializa-

dos, de organizaciones modulares de procesamiento cognitivo. Ciertamente, considerando los patrones de interacción de grupo que hemos visto, estos comportamientos violarían varias de las condiciones expuestas por Fodor (1983): La de arquitectura fija debido a la necesidad de modificación estructural. La de accesibilidad limitada, dado que en agentes cognitivos mínimos, como las bacterias, el acceso a la información es casi absoluto en función de las presiones ambientales (como los casos de la fusión de membranas o de autoaniquilación de una gran cantidad de individuos con estos propósitos (Muller, di Primio y Langeler, 2001)). Lo mismo ocurriría con la hipotética regularidad del desarrollo, en cuanto la plasticidad de organismos más simples es muy grande. De todos modos, es importante subrayar que la idea de Fodor (1983) estaba enfocada en la *mente-cerebro*, y que probablemente la asociación de ideas puede no tener demasiado sentido puesto así, no obstante, hemos recalado que las propiedades cognitivas presentes en organismos simples deberían ser la base de las capacidades cognitivas que posteriormente serían amplificadas por otros organismos más complejos.

4.2.4 COMPORTAMIENTOS AUTOMATIZADOS

Varias de las propuestas que hemos revisado tienen como método experimental su instanciación en robots, de hecho, la noción original de cognición mínima surgió como un proyecto funcional para probar determinadas características en este tipo de sistemas artificiales, que luego derivó en dilemas más filosóficos (Ward & Ward, 2007), pero que se originó en lo que podríamos denominar *inteligencia computacional*, noción propuesta como una inteligencia más amplia que la inteligencia artificial clásica (Prokopenko, 2014), en cuanto no sólo estudiaría las capacidades de sistemas artificiales en relación a aquellas humanas (como el test de Turing, por ejemplo), sino además a aquellas biológicas, entre otras, interacciones dinámicas, o sociales (Duffy & Joue, 2016). En este marco, ideas de comportamiento colaborativo también han sido aplicadas al desarrollo de grupos de agentes de modo que coordinen “socialmente” sus comportamientos, pero sin mediar comunicación explícita, para conseguir un objetivo.

Por lo general, se entiende la auto-organización como la transición de un sistema hacia una forma organizada sin la presencia de un control externo o centralizado, en que dicha organización aumenta (funcional o estructuralmente) con el tiempo, y en que las interacciones locales no son guiadas por agentes externos (Ay, Delf & Prokopenko, 2012). Aunque a primera vista, guiar colonias de agentes artificiales hacia determinados fines o comportamientos, entraría en conflicto con la definición recién expuesta, se han propuesto maneras de hacerlo sin requerir un proyecto predeterminado (*blue print*), basándose en dos propiedades principales: i) La *estigmergia* (*stigmergy*), es decir, la coordinación indirecta a través de la manipulación y la sensorialidad del ambiente compartido (Werfel *et al*, 2014); y, ii) la independencia y localidad de la acción de cada uno de los agentes de una colonia, sin referencia a un plan prediseñado. Con base en estas propiedades, se ha logrado guiar *implícitamente*, por ejemplo, colonias de hormigas robots, en la que la red global que resulta del comportamiento coordinado de todos los individuos, no existe más que como la emergencia de los procesos locales e independientes de cada uno de ellos. La idea detrás de esta “guía implícita” es que mientras una guía explícita trae como efecto la alteración de los mecanismos de toma de decisiones (*decision-making mechanisms*) de un agente, aquella implícita asume la modificación del ambiente, lo que, de entrar en contacto con este medio modificado, conllevará en el agente una conducta diferente, manteniendo su funcionamiento interno (Ay, Delf & Prokopenko, 2012).

Aunque esto pareciera no estar demasiado conectado con el tema de este trabajo, el dilema de fondo claramente lo está, a saber la relación entre reglas muy simples (*low level rules*), y resultados complejos (*high level*). Mientras en inteligencia robótica, esta relación ha sido bastante estudiada en un sentido *bottom-up*, es decir, intentando predecir resultados complejos, a partir de reglas simples; el problema inverso, o sea, intentar encontrar reglas simples que terminen en ciertos resultados complejos deseados, no ha sido demasiado abordado (Werfel *et al*, 2014).

Otros modelos de comportamientos automatizados funcionalmente operativos que podríamos tomar en consideración, semejantes a los de auto-organización, son los de auto-

ensamblaje, y de auto-reconfigurabilidad; ambos, al contrario de los casos sólo auto-organizativos, por lo general realizan el proceso de construcción de estructuras diseñadas de antemano (Aguilar, 2014). Los primeros hacen referencia a conjuntos de sistemas cuya auto-organización además determina formas físicas, puesto que los agentes involucrados actúan como componentes dentro de estructuras (Whitesides & Grzybowski, 2002). Dentro de la noción de auto-ensamblaje, se pueden distinguir dos tipos de estudios bien marcados, sobre auto-ensamblaje estático o dinámico. La diferencia entre ambos tipos es que aquellos dinámicos disipan energía, tal como el funcionamiento de una célula, el proceso de mitosis, el comportamiento de una colonia de bacterias, u otros, cuyo flujo energético es requisito para su existencia (ibídem). El problema con los agentes auto-ensamblables es que su forma es fija, lo que no es común en los seres vivos. Esto nos lleva los modelos auto-reconfigurables, cuya ventaja es precisamente que, a partir de módulos, se pueden generar robots con distintas formas. Este proceso es difícil de controlar porque involucra una coordinación distribuida de un grupo de módulos idénticos que no deben cargarse con demasiada información, y que deben adaptarse a distintas necesidades (Støy & Nagpal, 2005).

Uno podría intuir que robots propiamente biológicos, o sistemas artificiales que pudieran desenvolverse en un ambiente real, deberían combinar estas facetas en diferentes escalas de tiempo y de tamaño. La cognición artificial, sería la propiedad emergente de esta reconfiguración permanente de este sistema, y la capacidad del mismo de almacenar patrones que hayan resultado beneficiosos en su interacción con el medio.

Lo central, dentro de lo que hemos visto en estos casos, es que tanto patrones de interacción, como resultados de un conjunto de interacciones, que pueden ser interpretados como comportamientos inteligentes, no requerirían, al parecer, más que unas pocas especificaciones, que como vimos, pueden ser de distintos tipos, pero que, a fin de cuentas, estarían fundamentadas sobre la localidad y la independencia de la acción de cada agente individual, y sobre las restricciones específicas de los mismos, puesto que los patrones de interacción se darían en función de estas propiedades. Si bien hasta donde hemos podido examinar, ambas propiedades, o al menos alguna de ellas, es predefinida de antemano por parte de los investigadores, junto con los criterios de lo que es relevante y lo que no, para la ope-

ración de los robots en el mundo, por ejemplo, los robots pueden ignorar todo excepto los bloques que usan para construir una forma proyectada, y a sí mismos (Werfel *et al*, 2014), lo que sería una simplificación de procesos cognitivos como la atención selectiva; es indiscutible que los resultados que se han obtenido son buenos, y probablemente no tengan un correlativo cognitivo solamente porque en su mayoría estos proyectos tienen finalidades principalmente ingenieriles.

Un problema que sí es necesario acotar, es que, para el caso de una colonia de agentes tipo termitas que construyen un proyecto complejo predeterminado (Ibídem) el resultado no sólo es un tipo dado, sino que es bastante específico, lo que facilita el experimento. Sería como crear agentes mínimos para crear enunciados específicos, si intentáramos reutilizar esto para el procesamiento del lenguaje natural. Por otro lado, una clara ventaja es que, a pesar de lo anterior, los caminos por medio de los cuales se puede llegar a esos resultados específicos, habiendo determinado solamente las restricciones operativas de los agentes, permiten una gran flexibilidad dentro del sistema, además de una alta robustez, puesto que de fallar alguno de los miembros del grupo que sirva para construir el modelo (imaginemos que no recordamos una palabra), otro puede tomar su lugar, puede realizarse de otra manera, por otro camino, o posiblemente encontrar otras soluciones, lo que es bastante común en el procesamiento lingüístico humano y da para pensar que posibles soluciones a problemas de este tipo podrían buscarse utilizando estos recursos.

4.2.5 ¿COGNICIÓN ARTIFICIAL?

Keijzer (2015) plantea un poco retóricamente la idea de si un agente artificial programado apropiadamente, un robot digamos, podría considerarse como un caso de cognición artificial, respondiéndose que, en realidad, los únicos ejemplos de agentes cognitivos que tenemos son aquellos de naturaleza orgánica, y que por ende, lo más probable es que una discusión del tipo nos llevaría a una discusión acerca de si un eventual organismo artificial debería ser considerado como provisto de vida o no.

Una reflexión pertinente en este respecto es la que realiza Downing (2015) mediante la comparación de la estructura de búsqueda de soluciones genéticas biológica versus aquella utilizada en inteligencia artificial. Mientras en la primera el “generador” de soluciones casi no requiere de un esfuerzo significativo (puesto que la diferenciación de los organismos es libre en gran medida, o por lo menos, no es supervisada por un controlador central), los algoritmos de IA, debido a que algoritmos más inteligentes o eficientes deberían dar más rápidamente con la mejor solución, concentran gran cantidad de recursos en la optimización de los procesos de generación de soluciones, de modo de no desperdiciar futuros recursos en el seguimiento de soluciones que resultarán inviables. Por el contrario, y en función de lo mismo, mientras biológicamente la cantidad de potenciales soluciones es muy grande, al igual que el proceso de prueba (o el módulo de prueba (*tester*)) que realiza el filtrado, y en base al cual se determinan los individuos más aptos; los algoritmos genéticos de IA, habiendo priorizado el proceso de generación, cuentan con un acervo relativamente pequeño de potenciales soluciones, en teoría las mejores, y un proceso de filtrado también menor. La explicación más simple de estas diferencias es que sus propósitos son radicalmente diferentes. Mientras el “algoritmo de generación de respuestas” biológico habría evolucionado de manera de ampliar lo más posible el espectro de posibles soluciones, aun a costa de sus individuos, que serían “filtrados” por selección natural, dado que los cambios ambientales pueden ser impredecibles, y que cualquier individuo podría ser/portar una eventual solución; los algoritmos genéticos de IA se basan en un procedimiento casi antagónico, comenzando con una eliminación sistemática de los individuos “sin potencial”, para así optimizar la búsqueda de una solución restringiendo lo más posible el espacio de búsqueda. Otra manera de ver esto es que, dado que el proceso de filtrado en IA es interno, resulta costoso en cuanto al procesamiento de información, mientras que biológicamente, este proceso externo, ya que es “provisto” por el medio. En palabras de Downing (2015), mientras la IA se basa en encontrar un *cómo*, y eventualmente un *porqué*, la estrategia biológica se basa en *qué* pueden hacer sus individuos.

Podemos aplicar esta dicotomía a el experimento de los robots de Gigliotta y Mirolli (2014) en relación con, por ejemplo, una colonia de insectos. Mientras los primeros solucionan su tarea mediante algoritmos genéticos que se aproximan progresivamente a la fun-

ción de aptitud, de modo que cumplir la tarea es la única finalidad, una colonia de insectos no está teleológicamente predeterminada, su evolución es mucho más lenta y más sacrificada (en cuanto a pérdidas individuales), pero, por lo mismo, su flexibilidad es mucho mayor.

Otro punto, que diferencia críticamente el procesamiento cognitivo de uno computacional es la interacción en tiempo real. Ackovska *et al.* (2008), aseveran que la producción permanente de insumos intracelulares hace obligatorio que esta haya desarrollado un sistema de control sincronizado a través del cual pueda organizar procesos complejos e interrelacionados en varios niveles por jerarquías, y que por lo demás, reafirmando lo que hemos ya expuesto, no sería sólo de tipo *software*, sino también estructuralmente dinámico. En este sentido, otra vez las soluciones desarrolladas por la IA se contraponen con las biológicas. Mientras los avances en IA se han enfocado en un procesamiento de la información más rápido (generalmente utilizando procesadores más potentes), para alcanzar así un procesamiento tiempo real, la solución de la naturaleza ha sido crear un sistema completo que *existe* en tiempo real, es decir, uno en el cual no sólo el procesamiento de la información, sino que también el material, las herramientas y los agentes operan en tiempo real interrelacionadamente, de modo tal que la célula, como un todo, pueda responder en tiempo real y más confiablemente (Ackovska *et al.*, 2008). Se trata de la noción de dinamicidad que permea la existencia orgánica. Esto implica que una hipotética colectividad de computadores tampoco sería capaz de desarrollar un lenguaje propio, un “computadorés”, puesto que, en primer lugar, no están apropiadamente corporeizados (Collins, 2012) para desarrollar cognición, y siendo así, menos aún lenguaje.

Hemos discutido acerca de cómo la cognición en IA parece improbable en la medida en que no hay necesidades biológicas que den lugar a una agentividad metabólica en primer lugar, ni menos a una agentividad cognitiva ulterior. Vernon (2014), con respecto a esto, afirma que si bien es necesario adoptar una posición biologicista para dotar de cognición a un sistema artificial, una parte fundamental es escoger adecuadamente el nivel de abstracción en que operan las características biológicas que se modelarán. Esta acotación es metodológicamente relevante, ya que consigna que la meta de la investigación en agentes

cognitivos artificiales no debiera ser replicar un organismo biológico, sino abstraer y aplicar ciertas capacidades de los segundos a los primeros. Junto con lo anterior, y de vital importancia, es que para implementar estas características, lo central es investigar el funcionamiento, en desmedro de las estructuras involucradas, y que, por ende, en términos funcionales, es imperativo integrar el medio al sistema artificial, puesto que biológicamente, el propósito de la cognición es mediar entre el sistema y la impredecibilidad ambiental (Vernon, 2014).

Ahora bien, tomando en cuenta lo anterior podemos avizorar el problema consecuente: si debemos incorporar el medio en la abstracción del funcionamiento de las características biológicas, pero el medio es de suyo impredecible, entonces las funciones biocognitivas que buscamos abstraer son producto de un vaivén, que por un lado es impredecible, y que por otro, es, en términos de Varela (2000), el dominio operacional, o cognitivo, del agente, y que se constituye según sus necesidades. Ambos dominios nos son inaccesibles desde la perspectiva del observador. Como salida a este dilema, que, en realidad, es sólo otra forma más explícita del dilema de la función de aptitud versus la cognición que ya vimos, se ha propuesto dotar de motivaciones cognitivas intrínsecas simuladas a los sistemas artificiales (Baldassarre y Mirolli, 2010; Santucci *et al*, 2013; Mirolli *et al*, 2013).

En este respecto, los resultados de estudios relativos a motivaciones intrínsecas simuladas han arrojado resultados bastante consistentes, que sugieren que refuerzos extrínsecos por sí solos no son capaces de guiar el aprendizaje de secuencias de acción complejas en sistemas artificiales, y que para desarrollar aprendizaje acumulativo (*cumulative learning*), sería necesario complementar refuerzos externos de obtención de metas, con otros intrínsecos que, basados en respuestas a condiciones inesperadas, permiten generar una señal de aprendizaje que reorganiza el *software* del sistema. De este modo, los estímulos intrínsecos generan un proceso de sistematización de respuestas en forma de conductas que modifican el ambiente adaptativamente, pero que una vez aprendidas, se hacen anticipables, y por consiguiente dejan de operar como refuerzos de aprendizaje. Así el agente incorpora la conducta a su repertorio de respuestas, sin caer en un aprendizaje repetitivo (como sí

ocurría con la criatura de Brooks), y permitiéndole, por ende, nuevas interacciones más elaboradas, con base en este repertorio enriquecido (Santucci *et al*, 2013).

5. DISCUSIÓN, PROYECCIONES, CONCLUSIONES

A modo de resumen, en relación a lo que hemos expuesto, se puede observar un interés creciente hacia una aproximación biocognitiva para la búsqueda de soluciones a algunos de los problemas de la IA, al menos, desde un sector menos ortodoxo de esta. Podemos constatar que el desarrollo hasta el momento es todavía incipiente, y que, muchas veces, más que la intención de generar cognición artificial propiamente tal, el objetivo primordial se ha centrado en replicar determinadas capacidades biológicas en agentes artificiales, implementando funciones de aptitud que sirvan como especificadores de los resultados para ciertas tareas, pero que no abstraen la generalidad del proceso de generación de sistematizaciones que la cognición cumple en organismos biológicos. Por lo tanto, aunque no se debiera descartar la posibilidad futura de agentes cognitivos no orgánicos, hasta el momento, no existe algo que uno pudiera denominar como tal, o no al menos, sin cuestionamientos de algún tipo. En otras palabras, queda mucho trabajo por delante.

En lo que respecta al procesamiento del lenguaje, la evidencia que hemos revisado sugiere que antes de procesar material lingüístico por la fuerza, resulta mejor asociar este material a cierto marco contextual. El problema es que este marco es imposible de formalizar debido a su impredecibilidad. Siendo así, posiblemente lo mejor sería intentar dotar a los agentes cognitivos artificiales de la capacidad de generar, en primer lugar, esquemas de interacción con el medio, dentro de los cuales un tipo específico fuese la interacción comunicativa. Recién entonces, resultaría cognitivamente pertinente comenzar a investigar, montándose sobre estas interacciones de base, la incorporación de capacidades de procesamiento lingüístico. Lo contrario, hace a cualquier modelo demasiado frágil, en la medida en que su complejidad será rigidizante.

Esto nos lleva a preguntarnos ¿Hasta qué punto la imposibilidad de dotar a un sistema artificial con una cognición similar a la nuestra es un impedimento para que eventualmente este pudiera procesar correctamente enunciados del lenguaje natural?

Un tema sobre el que habría que reflexionar respecto de lo anterior es ¿hasta qué punto es necesario imitar, o emular, las características de lo vivo para intentar generar una cognición artificial que eventualmente permitiera un procesamiento cognitivo del lenguaje natural?

Como vimos, existen interesantes estudios que evidencian resultados funcionales por parte de sistemas que parecieran no requerir de cognición, o no al menos de una cognición como la que hemos caracterizado en este trabajo. El problema con estos modelos es que son estrictamente aplicados a tareas predeterminadas, por lo que los investigadores cuentan o diseñan, con el conjunto de reglas básicas, o con el resultado deseado, por lo que carecen de adaptabilidad. En este sentido, que los agentes no estén relacionados situados y dinámicamente con su medio, hace improbable que las sofisticaciones que den a lugar tengan mucho valor, cognitivamente hablando.

Una posible salida a este problema es la de computadores que pudieran percibir su entorno. Desde que Turing (1950) lo planteara muy someramente, la idea de que un computador que poseyera órganos sensoriales podría más fácilmente desarrollar lenguaje, y por lo tanto cognición, ha estado siempre presente en la comunidad de las ciencias cognitivas. Esta idea, no obstante, tiene dos falencias que parecieran insalvables: primero, la creación de órganos artificiales no garantiza percepción, en cuanto la percepción es un proceso cognitivo. El sistema no tendría como dotar de relevancia a determinados estímulos por sobre otros, o peor aún, aún cuando lo hiciera, sin una relación sistema-ambiente, la permanente transducción de señales se transformaría en una colección virtualmente infinita de datos inconexos o malamente interrelacionados. Segundo, tanto Turing (1950), como la cognición clásica, requieren de un procesador central, que en teoría, podría organizar y reaccionar a los *inputs*, gracias a una tabla de máquina, o un programa, que, como bien planteaba Brooks (1988), no sería ni lo suficientemente veloz, ni flexible, como para poder operar correctamente en el mundo real.

No es que la propuesta de Turing (1950) sea inadecuada, por el contrario, la convención actual es que la percepción, la inteligencia y otros procesos de alto orden, se basan en un nivel sensoriomotriz (Ikegami y Hanczyc, 2009), el problema es que la cognición es más que esa pura información sensoriomotriz.

El tema de fondo pareciera ser, en primera instancia, la naturaleza no biológica de los computadores. Luego, que la comunicación (y el lenguaje) no es una colección de sistematizaciones azarosa, sino que se crea en comunidades de agentes cognitivos que implícitamente acuerdan coordinarse destacando saliencias cognitivas específicas, que se transmiten mediante el mismo sistema comunicativo a los nuevos miembros de dicha comunidad. En palabras de Collins (2012), la razón por la que los computadores (tal como los conocemos) no pueden adquirir lenguaje, es porque lo único que hacen es manipular símbolos, no porque no tengan cuerpos. La barrera ha sido puesta en el lugar equivocado, porque un ser humano, aislado de una comunidad lingüística, tampoco se convertirá en un hablante fluido, puesto que el lenguaje emerge de una práctica social.

Siendo así, pareciera necesaria la introducción e integración de aplicaciones biocognitivas que regulen el sustrato comunicativo y de interacción general con el ambiente para modelos de procesamiento lingüístico de alto nivel.

Como vimos, muchos de los procesos de sustrato para un desarrollo cognitivo de la inteligencia artificial aún están en sus primeras etapas; sin embargo, se puede notar una clara tendencia hacia estos tópicos de investigación. Es importante, en este sentido, destacar la importancia de cómo las herramientas tecnológicas han ido guiando epistemológicamente el desarrollo de la ciencia y de sus objetos de investigación, y en esta misma línea, podríamos aventurar que, en realidad, estamos inmersos en un proceso de ampliación de perspectiva dentro de las ciencias cognitivas, comenzada quizás por el conexionismo, desarrollada y continuada por las denominadas corrientes alternativas, pero también posibilitada por los grandes avances en computación, informática, e ingeniería, que han permitido planear nuevas metodologías mucho más poderosas que las simulaciones computacionales clásicas, y sobre todo, un mejor análisis de los sistemas biológicos que deberíamos intentar emular. En este sentido, aun cuando las dinámicas de la información en computación han

sido cuantificadas dentro de sistemas espacio-temporales, tanto local, como globalmente, aún no existe un sistema abstracto formal consistente que permita trabajar con cantidades variables (Prokopenko, 2014). Esto podría analogarse a las matemáticas en el periodo anterior a la aparición del cálculo diferencial en que la noción de movimiento y cambio no estaban todavía dentro de algún sistema matemático general que pudiera lidiar con cantidades variables. Por lo que la creación de un cálculo teórico informático que permitiera a los investigadores expresar y optimizar elementos informáticos dinámicos sea uno de los caminos futuros de mayor importancia (Ibídem).

Si bien la pura búsqueda de patrones en las formas o las estructuras del lenguaje nos ha permitido inmensos avances tanto en el desarrollo de tecnologías ligadas al lenguaje, como en el entendimiento del mismo, hay que recordar, por ejemplo, que gran parte de la evidencia en contra del generativismo provino de estudios de corpus reales gracias a la consolidación del procesamiento de texto a gran escala de los años 80 y 90. Pareciera necesario, por lo tanto, como tarea para las ciencias cognitivas, enfocarse en constituir una base cognitiva sólida sobre la cual poder desarrollar teorías lingüísticas que posteriormente puedan ser trasladadas a otras disciplinas como la inteligencia artificial. Esto no quiere decir dejar de lado el estudio del lenguaje en sí mismo, ni como una parte fundamental de la cognición, sino que entenderlo como lo que pareciera ser un tipo de capacidad cognitiva potenciada, como la presentada por Gomila (2014). Tal vez así, podríamos desentrañar muchos aspectos del lenguaje enfocándonos en su sustrato cognitivo, sus funciones y propiedades. Podríamos también, en el sentido inverso, plantearnos si procesos de sistematización cognitiva similarmente poderosos no podrían darse de otras maneras que no fueran únicamente a causa del lenguaje. Investigar las propiedades de la base cognitiva del lenguaje, su funcionamiento y sus particularidades, podría ayudarnos a despejar dudas acerca de cómo incorporar comportamientos comunicativamente mucho más complejos a sistemas artificiales, aun cuando su eventual comunicación fuera diferente de la nuestra.

Entre los principales problemas sobre los que habría que trabajar para avanzar en un hipotético recorrido de una computación cognitiva, podríamos mencionar, siguiendo a Pro-

kopenko (2014), la dualidad de la caracterización de comportamiento inteligente, que por un lado se concibe como predecible, pero que por otro, debe ser adaptable y sensible a los cambios de un entorno impredecible. Este problema ha sido expuesto desde la perspectiva de la necesidad de crear marcos predictivos, y la relación un poco inconjugable entre anticipación y adaptabilidad. Mientras, para ambientes menos predecibles la adaptación se hace más necesaria, para ambientes predecibles, una sobreadaptación resulta contraproducente (Gershenson, 2015).

Respecto de esto, la noción de sistematicidad podría resultar bastante útil, ya que la aparición de formas de adaptación y las regularidades sistematizadas parecieran ser mutuamente dependientes; los comportamientos adaptativos sólo tienen sentido en relación a una regularidad, y al mismo tiempo, la eventual reiteración de formas de adaptación aisladas conformarán gradualmente un patrón de respuestas estables. La posibilidad de crear computadores que pudieran, por lo tanto, integrar sistematizaciones a su procesamiento, restringiría su espectro de respuestas, pero no aleatoriamente, sino como consecuencia de un *acoplamiento* a un *medio* particular. En otras palabras, el sistema regularía por sí mismo flexibilidad versus estabilidad dinámicamente según sus necesidades, donde un amplitud demasiado vasta puede verse como una desventaja en términos de procesamiento.

Lo anterior podría aplicarse también para la resolución del problema de la discriminación selectiva (o de atención), biológicamente común, pero muy complicado para la inteligencia artificial. Mientras para un ser vivo su interacción con el ambiente converge en un conjunto de sistematizaciones bastante restringido pero atingente, a un sistema privado de contexto cada acción le resulta un universo desconocido, y por ende, una discriminación entre lo que es relevante y lo que no, ni siquiera es aplicable.

Otro punto que debemos abordar respecto de esta relación agente-medio es que mediante su coevolución con la naturaleza, los seres vivos se han retro-creado en función no sólo de sí mismos, sino además de modo de no hacer de su medio algo aún más impredecible y caótico. Los desechos de un organismo, por ejemplo, aportan a la estabilización de su medioambiente (mientras que los de las máquinas que hemos creado aportan en el sentido contrario). En este respecto, hipotéticos agentes cognitivos artificiales deberían estar dise-

ñados de manera que el producto secundario de su interacción específica fuera la disminución de la impredecibilidad de lo que sea que dicho agente considere como su medio. Probablemente investigaciones futuras podrían profundizar en el estudio de sistemas multiagentes y sus relaciones recíprocas. Las nociones de hábitat o de nicho en biología son comunes, y han sido tomadas en cuenta indirectamente en disciplinas como la lingüística para estudiar el comportamiento en comunidades culturales y/o lingüísticas; sin embargo, no se ha aplicado mucho de este conocimiento a estudios de naturaleza computacional. Es cierto que estudios ecológicos informáticos sí se han realizado, principalmente, respecto de vida artificial, los que, en un alto nivel de abstracción, han descrito estos procesos como la interacción entre distintas especies dentro de un mismo medio (Aguilar, 2014); sin embargo, estos estudios no han incorporado variables como la agentividad cognitiva de los miembros de cada especie, o de las especies como una globalidad en estas interacciones.

A modo de resumen quisiera rememorar y recalcar los principales nodos articuladores por los que hemos avanzado en este trabajo:

En primer lugar, la noción de la cognición como una función arcaica, cuyo origen se encuentra aún en pleno debate, con teorías disímiles, que van desde el sistema nervioso, hasta, incluso, lo inorgánico, pero que defienden una evolución cognitiva, y por consiguiente, una visión más gradual del fenómeno. Junto con esto, la idea de la cognición como una propiedad evanescente, en cuanto no existe más que en tiempo presente, pero de la comparación de estímulos en variadas escalas temporales y desde diversas naturalezas sensoriales; y cuya existencia permite, mediante una organización reconfigurativa, en el marco de la relación agente-medio, procesos adaptativos como el aprendizaje, el desarrollo y la evolución.

En segundo lugar, la noción de sistematicidad, como la capacidad de integrar patrones de acción al repertorio de acciones de un agente, en base a la relación del mismo con el medio, y que, probablemente, a lo largo del proceso evolutivo, permitió no sólo un acoplamiento eficiente agente-medio, sino un comportamiento conjunto y la emergencia de la comunicación como estabilizador de este. La comunicación y el lenguaje, en este sentido, compartirían los mismos procesos cognitivos de fondo; sin embargo, el último estaría mar-

cado por la diferenciación cognitivo-evolutiva específica del ser humano, y por la capacidad de sistematizar tanto el significado total de la señal, como las partes de la misma, todo lo que conformaría una colección de material cognitivo semántico.

Ambas nociones, y su integración al campo de la inteligencia artificial, podrían traer consecuencias importantes para el procesamiento cognitivo de la información.

Ciñéndonos específicamente al problema del procesamiento del lenguaje natural, luego de lo que hemos revisado, pareciera fundamental concentrarse en el procesamiento de tipo pragmático de la comunicación. Respecto de lo anterior, podríamos señalar que, en el caso de la emergencia comunicativa en grupos de seres vivos, la interacción comunicativa no estaba tan ligada a la transmisión de información como a la regulación de una conducta que operara como una respuesta eficiente a las contingencias del entorno. Puesto de este modo, podríamos considerar que la comunicación en términos computacionales es más bien metafórica, ya que en realidad no son más que procesos de transmisión de datos.

Una de las diferencias centrales entre comunicación y transmisión de datos es que la primera modifica permanentemente los patrones de reconocimiento de señales, facilitando la posterior estabilización de señales, que es lo que hemos identificado como material semántico en términos lingüísticos, y que podríamos extender al ámbito semiótico. Algoritmos de *Machine Learning* podrían realizar este tipo de tareas, y de hecho, se utilizan en aplicaciones de reconfiguración progresiva de patrones de búsqueda; sin embargo, como ya hemos mencionado, las principales objeciones desde un punto de vista biocognitivo podrían ser, la determinación arbitraria de las funciones de logro (*fitness function*), y las prácticamente nulas repercusiones de los cambios en una aplicación en relación con el sistema en su totalidad. En este último respecto, mientras, incluso en el caso bacteriano, la comunicación conlleva cambios de tipo *hardware*, o modificaciones estructurales, existe aún un desacoplamiento mayor entre el ambiente de ejecución de un programa, el sistema sobre el que este se ejecuta, y la máquina como entidad global; hay una desconexión en la dinámica de funcionamiento.

A futuro, por ende, podría ser interesante comenzar por desarrollar algún tipo de cognición artificial específica, con una memoria dinámica para detectar regularidades de los

contextos en los que un agente esté inmerso, y que, dado un grupo de agentes, pudiera generar principios comunicativos de grupo que fueran estables para contingencias contextuales particulares. Podríamos concebir esto como una capacidad pragmática muy primordial, capaz de sistematizar acciones básicas, y que a largo plazo podría dar lugar a agentes artificiales capaces de distinguir una gran cantidad saliencias cognitivas, y entre ellas, algunas comunicativo-lingüísticas. Como hemos argumentado, pareciera ser más plausible comenzar por la resolución de tareas más sencillas, para luego ir aumentando la complejidad de los desafíos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, Barbara. Definiteness and indefiniteness. 2005. *Handbook of Pragmatics*. Blackwell
- Ackovska, Nevena, Stevo Bosinovski y Gjorgji Jovancevski. Real-Time Systems - Biologically Inspired Future. *Journal of computers*, 3, 3.
- Admoni, Henny y Brian Scassellatti. Robot Nonverbal Communication as an AI Problem (And Solution). 2015. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence*.
- Aguilar, Wendy, Guillermo Santamaría-Bonfil, Tom Froese, Carlos Gershenson. The past, present, and future of artificial life. 2014. *Frontiers in Robotics and AI*.
- Aizawa, Ken. Tough Times To Be Talking Systematicity. En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Alpi, Amedeo, *et al.* Plant Neurobiology: no brain, no gain? 2007. *TRENDS in Plant Science*, 12, 4.
- Ay, Nihat, Ralf Der y Mikhail Prokopenko. Guided self-organization: perception action-loops of embodied systems. 2012. *Theory Bioscience*, 131, 125-127.
- Baluska, Frantisek y Stefano Mancuso. Plant Neurobiology: from sensory biology, via plant communication, to social plant behavior. 2008. *Cogn Process*, 10, 1.
- Baluska, Frantisek y Stefano Mancuso. Turning the essence of 'neural' upside down. 2009. *Communicative & Integrative Biology* 2:1, 60-65.
- Bara, Bruno. 2003. *Il sogno della permanenza: L'evoluzione della scrittura e del numero*. Bollati Boringhieri.
- Bara, Bruno. 2010. *Cognitive Pragmatics. The mental processes of communication*. The MIT press.
- Beran, Michael, Audrey Parrish, Bonnie Perdue, David Washburn. Comparative Cognition: Past, Present, and Future. 2014. *International Journal of Comparative Psychology*, 27, 1.
- Bettoni, C. *Usare un'altra lingua. Guida alla pragmatica interculturale*. 2006. Laterza.

- Brannon, Elizabeth y Jessica Cantlon. A comparative Perspective on the Origin of Numerical Thinking. En Tomassi, Luca, Lynn Nadel y Mary Peterson. 2009. *Cognitive Biology*. The MIT Press.
- Brenner, Eric, Rainer Stahlberg, Stefano Mancuso, Frantisek Baluska y Elizabeth van Volkenburgh. Response to Alpi *et al.*: Plant Neurobiology: the gain is more than the name. *TRENDS in Plant Science*, 12, 7.
- Byrne, Richard, Lucy Bates y Cynthia Moss. Elephant Cognition in primate perspective. 2009. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 4, 65-79.
- Calvo, Paco, Emma Martín y John Symons. The Emergence of Systematicity in Minimally Cognitive Agents. En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Cassanto, Daniel. Who's Afraid of the Big Bad Whorf? Crosslinguistic Differences in Temporal Language and Thought. En Indefrey, Peter y Marianne Gullberg. *Time to Speak: Cognitive and Neural Prerequisites for Time in Language*. 2008. Willey-Blackwell.
- Chafe, Wallace. Givenness, contrastiveness, definiteness, subjects, topics, and point of view. 1976. *Subject and Topic*, pp. 25-56. Academic Press.
- Chemero, Anthony. Systematicity and Interaction Dominance. En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Collins, Harry. *Language as a Repository of Tacit Knowledge*, cap. 11 2012. Springer.
- Copeland, Jack. *Inteligencia Artificial. Una introducción filosófica*. 1996. Alianza Editorial.
- Di Eugenio, Barbara. Centering in Italian. En Prince, Ellen, Aravind Joshi y Lyn Walker. *Centering in Discourse*. 1998. Oxford University Press.
- Downing, Keith. *Intelligence Emerging: Adaptivity and Research in Evolving Neural Systems*. 2015. The MIT Press.
- Duffy, Brian y Gina Joue. *I, Robot Being*. 2016. ResearchGate.
- Dukas, Reuven. Evolutionary Biology of Limited Attention. En Tomassi, Luca, Lynn Nadel y Mary Peterson. 2009. *Cognitive Biology*. The MIT Press.

- Elman, Jeffrey. Systematicity in the Lexicon: On Having Your Cake and Eating It Too. En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Engel, Andreas, Alexander Maye y Peter König. Where's the action? The pragmatic turn in cognitive science. 2013. *TRENDS in cognitive science*, 4.
- Fodor, Jerry y Brian McLaughlin. Connectionism and the problem of systematicity: Why Smolensky's solution doesn't work. 1990. *Cognition*, 35, 183-204.
- Fodor, Jerry y Zenon Pylyshyn. Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. 1988. *Cognition*, 28, 3-71.
- Franck, Michael, Daniel Everett, Evelina Fedorenko, Edward Gibson. Number as a cognitive technology: Evidence from Pirahã language and cognition. 2008. *Cognition*, 108, 819-824.
- Gardner, Howard. *La nueva ciencia de la mente. Historia de la revolución cognitiva*. 1988. Paidós.
- Gershenson, Carlos. Requisite Variety, Autopoiesis, and Self-organization. 2015. *Kibernetes*, 44, 866-873.
- Gigliotta, Onofrio y Marco Mirolli. *Evolution of communication-based collaborative behavior in homogeneous robots*. 2014. ALIFE14.
- Goldstone, Robert, Alexander Gerganov, David Landy y Michael Roberts. Learning to See and Conceive. En Tomassi, Luca, Lynn Nadel y Mary Peterson. 2009. *Cognitive Biology*. The MIT Press.
- Gomila, Antoni. 2012. *Verbal Minds: Language and the Architecture of Cognition*. Elsevier.
- Grosz, Barbara, Scott Weinstein y Aravind Joshi. Centering: a framework for modeling the local coherence of discourse. 1995. *Computational Linguistics*, pp. 203-225.
- Halevy, Alon, Peter Norvig y Fernando Pereira. 2009. *The Unreasonable Effectiveness of Data*. IEEE Computer society.
- Hamm, Fritz. *Frame Semantics*. 2007. [online: http://www.uni-stuttgart.de/linguistik/sfb732/files/hamm_FrameSemantics.pdf].
- Hanks, Patrick. *Lexical Analysis. Norms and Exploitations*, cap. 1. 2013. The MIT Press.

- Hoffmayer, Jesper. *On language: Existencial Bioanthropology*, cap. 8. 1997. Indiana University Press.
- Ikegami, Takashi y Martin Hanczyc. Chemical basis for minimal cognition. 2009. *Artificial Life*, 16, 3, 233-243.
- Iriti, Marcello. Plant Neurobiology, a Fascinating Perspective in the Field of Research on Plant Secondary Metabolites. 2013. *International Journal of Molecular Science*, 14.
- Jurafsky, Daniel y James Martin. *Speech and Language Processing*, cap. 18. 2000. Prentice Hall.
- Keijzer, Fred. Agents and Organisms: *Why the difference is important for the representation discussion (and cognitive science in general)*. 2015. AISB2015.
- Lyon, Pamela. Autopoiesis and Knowing: Reflections on Maturana's Biogenic Explanation of Cognition. 2004. *Cybernetics and Human Knowing*, 11.
- Lyon, Pamela. *The biogenic approach to cognition*. 2005. Springer-Verlag.
- MacLean, Evan, *et al.* *How does cognition evolve? Phylogenetic comparative psychology*. 2012. Springer-Verlag.
- Marcus, Gary. PDP and Symbol Manipulation: What's Been Learned Since 1986? En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Maturana, Humberto y Francisco Varela. 1994. *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Séptima edición. Editorial Universitaria.
- Moreno, Alvaro, Jon Umerez y Jesús Ibáñez. Cognition and Life. The Autonomy of Cognition. 1997. *Brain and Cognition*, 34, 107-129.
- Müller, Bernd, Franco di Primio y Joseph Lengeler. *Contributions of Minimal Cognition to Flexibility*. 2001.
- Navarrete, Manuel. *Sistema flexible de visión artificial*. 2016. Universidad de Santiago de Chile.
- Oller, Kimbrough y Ulrike Griebel. *Evolution of Communicative Systems. A Comparative Approach*. 2004. The MIT Press.
- Oller, Kimbrough y Ulrike Griebel. *Evolution of Communicative Flexibility*. 2008. The MIT Press.

- Pica, Pierre, Cathy Lemer, Véronique Izard, Stanislas Dehaene. Exact and Approximate Arithmetic in an Amazonian Indigene Group. 2004. *Science*, 306.
- Pizarro, Alfonso. *Pragmatismo en filosofía del lenguaje: una propuesta naturalista*. 2016. Universidad de Chile, tesis de magíster. En preparación.
- Pollit, Eric, Stuart West, Shanika Cruzs, Maxwell Burton-Chellew, Stephen Diggle. Cooperation, Quorum Sensing, and Evolution of Virulence in *Staphylococcus aureus*. 2014. *Infection and Immunity*, 82, 3, 1045-1051.
- Prince, Ellen. Toward a Taxonomy of given-new information. 1981. *Radical Pragmatics*, pp.223-256. Academic Press.
- Prokopenko, Mikhail. Grand Challenges for computational intelligence. 2014. *Frontiers in Robotics and AI*, 1.
- Ramsey, William. Systematicity and Architectural Pluralism. En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Reading, Nicola y Vanessa Sperandio. *Quorum Sensing: The many languages of bacteria. Review*. 2005. FEMS.
- Rodríguez, Fernando. *Relevancia y coerción aspectual: estudio en sujetos neurotípicos y con síndrome de Asperger*. 2014. Universidad de Chile, tesis de pregrado.
- Roman y Ramírez-Rueda. *Quorum sensing: "El lenguaje bacteriano"*. 2013. ResearchGate.
- Russell, Bertrand. On Denoting. 1905. *Mind*, XIV: 479-493.
- Santucci, Vieri, Gianluca Baldassarre y Marco Mirolli. *A bio-inspired learning signal for the cumulative learning of different skills*. 2012. VIVACE2012.
- Shettleworth, Sara. *Fundamentals of Comparative Cognition, cap. 1*. 2012. Oxford University Press.
- Sperber, Dan y Deirdre Wilson. *La Relevancia*. 1994. Visor Dis.
- Støy, K., R. Nagpal. *Self-Reconfiguration Using Directed Growth*. 2007. Springer.
- Tessera, Marc. Origin of Evolution versus Origin of Life: A Shift of Paradigm. 2011. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Tomasello, Michael. *Origins of Human Communication*. 2008. The MIT Press.

- Tomassi, Luca, Lynn Nadel y Mary Peterson. Cognitive Biology: The New Cognitive Sciences. En Tomassi, Luca, Lynn Nadel y Mary Peterson. 2009. *Cognitive Biology*. The MIT Press.
- Travieso, David, Antoni Gomila y Lorena Lobo. From Systematicity to Interactive Regularities: Grounding Cognition at the Sensorimotor Level. En Symons, John y Paco Calvo. *The architecture of Cognition: Rethinking Fodor and Pylyshyn's Systematicity Challenge*. 2014. The MIT Press.
- Turing, Alan. Computing Machinery and Intelligence. 1950. *Mind* 49: 433-460.
- Vallejos, Guido. Formación de Hipótesis en Ciencia Cognitiva. 1998. *Cinta de Moebio*, 3, 2-17.
- Vallortigara, Giorgio. Animals as Natural Geometers. En Tomassi, Luca, Lynn Nadel y Mary Peterson. 2009. *Cognitive Biology*. The MIT Press.
- van Duijn, Marc, Fred Keijzer y Daan Franken. Principles of Minimal Cognition. Casting Cognition as Sensorimotor Coordination. 2006. *Adaptive Behavior*, 14(2), 157-170.
- Varela, Francisco. *El fenómeno de la vida*. 2000. Dolmen.
- Vernon, David. 2014. *Artificial Cognitive Systems. A primer*. The MIT Press.
- Ward, Robert y Ronnie Ward. *Selective attention in linked, minimally cognitive agents*. 2007.
- Wasserman, E.A. Comparative Cognition: Beginning the Second Century of the Study of Animal Intelligence. 1993. *Psychological Bulletin*, 113, 211-228.
- Wearden, J.H. The Perception of Time: Basic Research and Some Potential Links to the Study of Language. En Indefrey, Peter y Marianne Gullberg. *Time to Speak: Cognitive and Neural Prerequisites for Time in Language*. 2008. Willey-Blackwell.
- Werfel, Justin, *et al.* Designing Collective Behavior in a Termite-Inspired Robot Construction Team. 2014. *Science*, 343.
- Whitesides, George, Bartosz Grzybowski. Self-Assembly at All Scales. 2002. *Science*, 295.
- Wilson, Margaret. 2002. Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*.