



Universidad de Chile
Facultad de Filosofía y Humanidades
Magister en Estudios Cognitivos

TESIS

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN ESTUDIOS
COGNITIVOS

Hacia la naturalización de la unidad de análisis en Ciencias Cognitivas: sistemas, unidades, individuos y agentes.

Alumno: *Pedro Díaz Cartes*

Profesor Guía: *Guido Vallejos*

Campus Gomez Millas, Agosto 2010

Índice temático

Agradecimientos	I
Introducción	III
Primera parte	
Capítulo I: Sobre las Teorías Alternativas de la Cognición	2
1.1. Teorías Alternativas de la Cognición	2
1.2. Orígenes	3
1.2.1. Historia no oficial de las ciencias cognitivas	3
1.2.2. Resurgimiento	5
1.3. Conceptos fundamentales de cada enfoque alternativo de la cognición	6
1.3.1. Sistemas Dinámicos	6
1.3.2. Cognición Situada	11
1.3.3. Cognición Extendida	15
1.3.4. Cognición Distribuida	17
Capítulo II: Cognición Corporalizada y sus problemáticas	22
2.1. Punto de encuentro	22
2.2. Raíces filosóficas: relación cuerpo – mente y <i>embodiment</i>	25
2.3. Estado actual de las Teorías Corporalizadas de la cognición	29
2.3.1. Corporalización Simple vs. Radical	29
2.3.2. Inteligencia Cambriana vs. Neolítica	30
2.3.3. Concepto de corporalización.	32
2.4. Los problemas de la Cognición Corporalizada: las 6 tesis de Wilson	34

2.4.1. Primera tesis	34
2.4.2. Segunda tesis	35
2.4.3. Tercera tesis:	36
2.4.4. Cuarta tesis:	37
2.4.5. Quinta tesis:	37
2.4.6. Sexta tesis:	38
2.5. Conclusiones	40
2.5.1. Ontológicas, metodológicas y epistemológicas	40
2.5.2. Biológicas	42
2.5.3. Ambientales: Ambiente físico	43
2.5.4. Ambientales: Ambiente socio cultural	45
Capítulo III:	
El problema de la agencia cognitiva	47
3.1. La 4ª tesis de Wilson y sus implicancias	47
3.1.1. Los orígenes del problema: Individualismo Metodológico	48
3.1.2. Los orígenes del problema: Conexionismo	49
3.1.3. Los orígenes del problema: Cognición Alternativa	51
3.1.4. Lo que debería tener un agente	53
3.2. La necesidad de esclarecer este problema para el desarrollo de la Ciencia Cognitiva	53
Segunda parte	
Capítulo IV:	
Los argumentos ecológicos	58
4.1. Guía de búsqueda	58
4.2. El argumento ecológico en Ciencias Cognitivas	59
4.3. Principios de Ecología	61
4.3.1. Advertencias	61
4.3.2. Concepto de Ecología	62
4.3.3. Conceptos fundamentales de la Ecología	63

Tercera parte	
4.3.4. Comunidades	64
4.3.5. Individuos y poblaciones.	66
4.3.6. Ecología celular	68
4.3.7. Organismos multicelulares	69
4.3.8. Diferenciación celular y sociedades celulares	71
4.3.9. Límites naturales en individuos multicelulares	73
Capítulo V:	
Los argumentos de la Biología Teórica	76
5.1. Principios sobre Sistemas	76
5.2. Organización y estructura	78
5.3. Sistemas o máquinas vivientes	79
5.3.1. Implicancias de la autopoiesis	81
5.3.2. Dinámica de la autopoiesis	84
5.3.3. Individuo → Ontogénesis, Especie → Filogénesis	86
5.3.4. Sistemas de nivel superior	89
5.3.5. Cierre organizacional	90
5.3.6. El sentido de “cognitivo” en el marco de la Biología Teórica	91
Capítulo VI:	
Comunicación: antecedentes	97
6.1. Dominio comunicativo	97
6.2. Conceptos de comunicación	98
6.2.1. Teoría Matemática de la Comunicación	99
6.2.2. Los problemas ante la comunicación humana.	102
6.3. Comunicación en la Etología	103
6.4. Luhmann y su idea de comunicación	105
6.5. El análisis comunicacional de Watzlawick y colaboradores.	108

Capítulo VII:	
<i>Hacia una teoría naturalizada de la comunicación</i>	112
7.1. La complejidad del fenómeno comunicativo en los seres vivos	112
7.2. Irritabilidad	113
7.2.1. Diferencias entre perturbaciones: multicelularidad y unicelularidad	115
7.2.2. Implicancias de la irritabilidad	116
7.3. Dominio cognitivo, sistema protosocial y presocial	117
7.4. Protocomunicación en seres vivos.	119
7.5. Información en la naturaleza.	122
7.6. Comunicación en seres vivos.	124
7.7. Comunicación simbólica en seres vivos.	126
7.8. Conclusiones	128
Capítulo VIII:	
<i>Niveles de análisis en una Ciencia Cognitiva naturalizada</i>	133
8.1. La Ciencia Cognitiva como una ciencia multinivel	134
8.1.1. Sistemas cognitivos	134
8.1.2. Unidad cognitiva e Individuo cognitivo	135
8.1.3. Los tres niveles de análisis de la ciencia cognitiva heredados de la Ecología	136
8.2. El camino hacia el individuo agente cognitivo.	137
8.2.1. 1ª característica de un sistema cognitivo: límite.	137

8.2.2. El “límite inferior” de la actividad cognitiva humana	138
8.2.3. 2ª característica de un sistema cognitivo: interacción con el ambiente	141
8.2.4. Cognición Extendida y distribuida en la naturaleza: individuo – ambiente.	142
8.2.5. Interacción humano – ambiente.	143
8.2.6. Interacción humano – otros humanos	144
8.3. Resumen	145
<i>Epílogo:</i>	
<i>El agente cognitivo: conclusiones y desafíos.</i>	155
9.1. El problema del límite superior del individuo agente cognitivo	155
9.2. Organización y estructura en la delimitación del individuo agente cognitivo.	157
9.3. Lo que queda por estudiar: actividad cognitiva humana alta	159
Glosario para capítulo V	164
Glosario para capítulo VII	174
Bibliografía	179

Índice de figuras

<i>Número</i>	<i>Descripción</i>	<i>Pág.</i>
Figura 1:	Gobernador dinámico de Watt	20
Figura 2:	Sistemas dinámicos I	20
Figura 3:	Sistemas dinámicos II	20
Figura 4:	Sistemas dinámicos III	20
Figura 5:	Representación de la propuesta de Brooks	21
Figura 6:	Tetris I	21
Figura 7:	Tetris II	21
Figura 8:	Experimento de Beer et al.	75
Figura 9:	Simulación de Kaneko y Furusawa	75
Figura 10:	Organización y estructura	95
Figura 11:	Autopoiesis y relaciones para su implementación	95
Figura 12:	Acoplamiento, plasticidad estructural y dominio cognitivo	96
Figura 13:	Dominio cognitivo y comunicacional	96
Figura 14:	Esquema de la comunicación de Shannon	110
Figura 15:	Esquema de la comunicación de Laswel	110
Figura 16:	Esquema circular de la comunicación	110
Figura 17:	Protocomunicación y dominio comunicacional	131
Figura 18:	Sistemas protosocial y presocial, relaciones interespecíficas e intraespecíficas	131
Figura 19:	Comunicación conductual y simbólica	132
Figura 20:	Sistema cognitivo "célula/ambiente"	149
Figura 21:	Sistema cognitivo "célula/otras células"	149
Figura 22:	Sistema cognitivo "tejido/ambiente"	149
Figura 23:	Sistema cognitivo "tejido/ otros tejidos"	150
Figura 24:	Sistema cognitivo "órgano/ambiente"	150
Figura 25:	Sistema cognitivo "órgano/otros órganos"	150
Figura 26:	Sistema cognitivo "individuo/ambiente"	151
Figura 27:	Sistema cognitivo "individuo/ otros individuos"	151
Figura 28:	Sistema cognitivo "órganos humanos/ otros órganos humanos"	152

Figura 29: Sistema cognitivo “individuo humano/ambiente”	152
Figura 30: Sistema cognitivo “individuo humano/otros individuos humanos”	152
Figura 31: Escala de complejidad cognitiva	153
Figura 32: Plasticidad y acople estructural	154

Agradecimientos

Agradezco especialmente a mi familia, mi madre, mi padre, mis hermanas y amigos, quienes me han apoyado en todo sentido durante estos duros años. A los profesores del Magister en Estudios Cognitivos de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile: Guido Vallejos, Alejandro Ramírez (gracias por recibirme tan amablemente en una ciudad que no conocía), Ricardo García y Guillermo Soto. A mis profesores de la Pontificia Universidad Católica: Carlos Cornejo, Vladimir Lopez, Diego Cosmelli y Francisco Aboitiz. A mis colegas del Equipo de Psicobiología Integrada, Rodrigo y Fernando Henriquez y Francisco Ceric, a mis colegas del Magister en Estudios Cognitivos Bernardo Pino, Javier Simonpietri y Remis Ramos, y en el Doctorado en Psicología, Rodrigo Ortega.

Por último, especialmente quiero agradecer a Marco Lardies, Fabio Labra y Carmen Espoz, profesores actuales o pasados de la nueva Facultad de Ciencias de la Universidad Santo Tomás, y a Alfredo Ruiz, Psicólogo Posracionalista que me mostró el mundo de preguntas que se hizo en su época Vittorio Guidano.

"Usted no piensa... se limita a ser lógico."

Niels Böhr

"Toda verdad es simple..."

¿No es eso una mentira al cuadrado?"

Friedrich Nietzsche

"Pero, ¿si somos primates!"

Alfredo Ruiz

*"Los cuatro puntos cardinales son tres:
el norte y el sur".*

Vicente Huidobro

Introducción

El avance en Ciencias Cognitivas en la segunda mitad del siglo XX ha sido vertiginoso y, a la vez, muy productivo. Las preguntas que lo alimentan son tan antiguas como el mismo ser humano, y en general todos los grandes filósofos clásicos o modernos han hecho algún aporte. Sin embargo, su estudio científico es tan reciente como lo son en general las Ciencias Sociales, incluida la Psicología, en donde aún persisten una gran cantidad de discusiones como ciencias jóvenes.

La situación actual de las Ciencias Cognitivas, una situación que permea a todas las Ciencias Sociales, es lo que nos ha inspirado a realizar la presente tesis. Durante el curso del Magister en Estudios Cognitivos en la Facultad de Filosofía en la Universidad de Chile, hemos podido apreciar cómo han evolucionado en las últimas décadas las principales concepciones que se tienen sobre la cognición, especialmente humana, y cómo cada uno de los enfoques difiere a partir de su idea de qué es la mente, qué es conocer, qué entes en el mundo conocen, cómo es que conocen e incluso, qué debemos entender por conocimiento humano.

De este cúmulo de preguntas, surgen varios tópicos que son los que finalmente inspiran esta tesis, entre ellos la pregunta sobre cuál es el objeto de estudio en una ciencia como esta. Sabido es que en la primera explosión cognitivista de los años 50 las teorías predominantes fueron el computacionalismo, representacionalismo o simplemente Cognición Clásica, donde, como reacción al conductismo predominante en la Psicología y la Etología, se propuso un punto de partida resumido en la tesis del individualismo metodológico, es decir, estudiar el contenido mental, compuesto principalmente de procesamiento lógico – formal de símbolos en un nivel distinto al sustrato biológico en el cual se presenta. El itinerario empírico de investigación de este principio, estaba constituido por una novedosa posibilidad: investigar el procesamiento mental simulándolo en la nueva generación de computadores que a su vez se fue desarrollando en forma paralela durante estas décadas.

Sin embargo, resulta ser que este enfoque eligió sólo uno de los dos principios que Mc Culloch y Pitts (1943, Varela, Thompson & Rosch, 1992; 1993) plantearon al respecto, muchos años antes de que explotara la primera revolución cognitiva. Este principio consistía en que, para estudiar un fenómeno como el cognitivo, se debía cultivar la *lógica* como la disciplina apropiada para comprender el cerebro y la actividad mental. El problema, es que esta decisión dejó a un lado la segunda premisa

de Mc Culloch y Pitts que planteaba que además se debía estudiar el cerebro como un artefacto biológico que *corporaliza* principios lógicos en sus componentes o neuronas. Lo anterior, además de las implicancias directas que se pueden deducir, significó que la atención de los científicos cognitivos se centrara rápidamente en actividades cognitivas superiores, claramente antropocéntricas, y que sus aportes se dirigieran a establecer cómo los sistemas cognitivos (humanos principalmente) mostraban inteligencia y cómo poder simular esta inteligencia en un dispositivo computacional. Además, el esquema ontológico que adoptaron los primeros científicos cognitivos fue el cartesiano: la mente, o *res cogitans*, estaba separada de la *res extensa*. Por lo tanto no tenía sentido estudiar a la segunda; los misterios de la cognición y de la mente humana estaban contenidos en la *res cogitans*, y encontrar una forma científica de estudiarla era la llave para poder entenderla.

Sin embargo, con los años fueron surgiendo voces disidentes, que rápidamente comenzaron a clamar por la poca relevancia que se había dado a la segunda premisa de Mc Culloch y Pitts. Varela et al. (1992; 1993) destaca que ideas como esta ya resonaban hacia los años 20, de la mano del surgimiento de las teorías de sistemas y la primera cibernética impulsadas por científicos como Wiener (1948), Von Bertalanffy, (1995) Mc Culloch y Pitts (1943) y Shannon (1948).

Según la “historia no oficial de las ciencias cognitivas” que cuenta Varela et al. (1992; 1993), en esta época comienzan a aparecer propuestas cercanas a lo que podemos denominar *teorías alternativas de la cognición*, tendencia que resurgiría hacia finales de los años 70 y comienzos de los 80 gatillada por el *conexionismo*. El resurgimiento de estas ideas alternativas de la cognición proviene principalmente de agudas observaciones que científicos y filósofos de todas las áreas relacionadas a la Ciencia Cognitiva fueron haciendo en torno a muchas preguntas que las teorías cognitivas clásicas dejaban abiertas, y se reforzaron con el desarrollo tecnológico y científico de la neurociencia en general. Este nuevo conjunto de teorías y observaciones empíricas fue cuajando con el tiempo en 5 corrientes relativamente coherentes, constituidas por la *cognición situada*, la *cognición distribuida*, la *cognición extendida*, la *aplicación de los sistemas dinámicos a la cognición* y la *cognición corporalizada*. Pero su génesis comenzó de forma separada, y en su origen, no existió una conceptualización teórica, filosófica o epistemológica que las uniera. Con el pasar del tiempo muchas de estas ideas se han ido acercando, pero la “orfandad” de un conjunto común de concepciones básicas respecto a la cognición, como establecer *claramente el objeto de estudio al cual se avocarán*, ha hecho que aún no sea posible establecer un marco general que las unifique.

Como ya planteamos, en un principio la *Cognición Clásica* situaba su objeto de estudio en procesos mentales independientes del sustrato biológico cerebral, pero que de todas formas ocurrían “en la cabeza” en el caso de los seres humanos, y en el “software” de las máquinas que simulaban los procesos inteligentes. Con el *Conexionismo*, los procesos mentales cognitivos humanos ocurrían en sus ordenadores, que hacían correr softwares “inspirados” en el funcionamiento neuronal, lo que ya era un paso hacia una naturalización de estos fenómenos. Los partidarios de las *ideas eliminativistas*, por su parte, planteaban que no había tal cosa como un procesamiento mental separado de su sustrato biológico, y pronto comenzaron a afirmar que el sustrato biológico *era* el procesamiento mental, sólo que aún la neurociencia no tenía la tecnología para describirlo. Cuando esto se lograra, las ideas cognitivas clásicas serían simplemente desechadas. Con esto, la concepción de cognición desciende hasta la intrincada interacción electroquímica de las neuronas, y la mente sería “lo que hace el cerebro” (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 1998; Kandel, Schwartz & Jessell, 1991), sin salir aún del cuerpo como límite para su implementación.

Sin embargo, las *teorías alternativas de la cognición* comenzaron lentamente a extraer el procesamiento mental fuera del cuerpo. La *cognición situada*, por ejemplo, planteó que el comportamiento inteligente emerge como una interacción entre organismos y su ambiente, lo que permitió a sus investigadores desarrollar robots situados con relativo éxito. En definitiva, el procesamiento mental ya no era propiedad del cerebro o alguna estructura dentro del cuerpo, sino que era producto de la interacción del cuerpo con su exterior. Aún más relevante, los organismos inteligentes no solo eran los humanos: había inteligencia en otros organismos vivos o artificiales, que no necesariamente poseían lenguaje o un tipo de cognición humana para reaccionar de forma adecuada a los cambios de su medio.

Por su parte, las teorías de la *cognición distribuida* y *extendida* aportan nuevas preguntas a esta expansión del objeto de estudio en Ciencias Cognitivas. Según este enfoque, en seres humanos no habría inteligencia si no fuese posible que pudiésemos descargar tareas cognitivas en el ambiente, ya sea físico o social. Surgen la idea de ‘*sistemas cognitivos*’, un concepto que amplía la concepción inicial de cognición, y que adscribe propiedades cognitivas a elementos materiales del ambiente e incluso a los sistemas sociales.

Sin embargo, emergen inmediatamente diversas preguntas ante estas ideas. ¿Cómo sería posible decir que una herramienta posee capacidades cognitivas? ¿Es posible afirmar que un órgano como el hígado posee capacidades cognitivas? ¿Cómo

es posible afirmar que animales no humanos poseen inteligencia? ¿Cómo es posible pensar que un sistema social posee conciencia? ¿Un ordenador podría poseer inteligencia humana? ¿Deberíamos considerar a todos estos elementos como agentes cognitivos, que poseen de por sí capacidades semejantes a las de la especie Homo Sapiens? y así ad infinitum. El punto, es que creemos que estas preguntas aparecen por una razón que inspira esta tesis: aún no se ha podido delimitar claramente el objeto de estudio para las Teorías Alternativas de la Cognición, lo cual no nos permite diferenciar la diversidad de ámbitos en los cuales la cognición opera en la naturaleza, y cómo es que esta cognición funciona dentro de márgenes biológicos

Es por esto que la presente tesis pretende ser un aporte en esta tarea. En el primer capítulo, se intenta hacer una revisión general del estado del arte en torno a las teorías alternativas de la cognición. En el segundo capítulo, se analiza en profundidad el concepto de *corporalización* y las ideas corporalizadas, marco teórico que a nuestro parecer es el mejor candidato para ofrecer una unidad de análisis útil y coherente, y se exponen sus principales críticas. A partir de la literatura revisada, en este capítulo se enumera una serie de principios y características que tendría que poseer cualquier enfoque corporalizado de la cognición, y por ende su unidad de análisis. Finalmente, en el capítulo III se proporciona una recopilación sobre el concepto de *agente cognitivo* en las diversas teorías.

Ya en la segunda parte de este trabajo, en el capítulo IV comenzamos a recopilar las principales ideas de la biología que nos ayudarán a lograr nuestra meta, específicamente las ideas de la Ecología y la Etología. En el capítulo V, se exponen las ideas de la Biología Teórica, específicamente de Varela y Maturana, en torno a los sistemas vivos y sus capacidades cognitivas, planteando en estos dos capítulos que el fenómeno de la cognición es un tópico presente en la naturaleza desde los organismos más simples. Finalmente, en el capítulo VI se proporciona un análisis profundo del concepto de comunicación, desde sus primeros acercamientos matemáticos, hasta las ideas que emergen en la Etología, la Sociobiología y las Ciencias Sociales en torno a la comunicación humana, para desembocar en la tercera parte de esta tesis y en el capítulo VII, donde presentamos una propuesta de un nuevo concepto de comunicación, centrándonos en un enfoque que analice este fenómeno tal como se aprecia en los sistemas biológicos simples y complejos. Lo anterior, se hace necesario debido a que consideramos que el fenómeno comunicativo es central al momento de establecer cómo los organismos vivos pudieron interactuar entre sí para dar forma a los procesos cognitivos, cuyo pináculo de complejidad estriba en nuestra especie.

En seguida, en el capítulo VIII se propone un objeto de estudio triple para la Ciencia Cognitiva, inspirado en el objeto de estudio triple de la Ecología, donde se analiza individuos, comunidades y poblaciones. A partir de esto, también es posible tener una base para el estudio de culturas y sociedades, lo que podría ser de gran aporte para Ciencias Sociales como la antropología y la sociología, y cuyas implicancias se comentan al interior del capítulo. Las conclusiones anteriores, a su vez, impulsan a redefinir el concepto de *sistema cognitivo*, para lo cual se recurre a la idea de Maturana y Varela de '*dominio cognitivo*' y '*dominio comunicacional*'.

Finalmente, en el Epílogo se profundiza en torno al '*individuo agente cognitivo*', denominación que sería la única adscribible a los seres humanos. Se comentan sus implicancias, y se deja abierto a discusión este concepto, puesto que a pesar de que en la naturaleza sería uno de los últimos eslabones de la evolución de los sistemas cognitivos, aún no es posible delimitar completamente este ente fenoménico, no estando entre los objetivos de esta tesis esta tarea. Lo anterior, debido a un gran problema que sólo ocurre en nuestra especie, que es la capacidad de conciencia y sus implicancias. Concluimos que sólo establecer científicamente qué es la conciencia y como funciona, podría cerrar esta discusión, y se proporcionan algunas directrices en torno a las cuales podría surgir en el futuro esta respuesta.

En definitiva, la presente tesis propone varios elementos a tomar en cuenta en el desarrollo futuro de la Ciencia Cognitiva: Primero, que debemos ampliar nuestra mirada como ciencia desde la idea de una unidad de análisis única, como ocurre en Física o Biología, a unidades de análisis diversas, que esté en línea con el nivel de complejidad de nuestro campo de estudio. Segundo, que ningún constructo teórico referente a la cognición, la mente o el comportamiento inteligente puede dejar de lado la base biológica a partir de la cual capacidades como las humanas evolucionaron. Tercero, planteamos que la cognición se da al interior de *sistemas cognitivos*, cuya identidad no es solo humana: sería posible encontrar sistemas cognitivos en organismos simples unicelulares o sociedades complejas como la nuestra. Cuarto, estos sistemas cognitivos, como todo sistema biológico, evolucionaron a partir de sistemas más simples. Quinto, entendemos un sistema cognitivo como un sistema vivo capaz de desplegar comunicación, es decir, producir un flujo de información de forma material entre sus distintos componentes, misión esencial para mantener su unidad como sistema. Sexto, recogemos las ideas de la *Cognición Extendida y Situada*, de forma que los elementos físicos de nuestro ambiente, ya sea de orígenes naturales o generados por la propia especie, forman sistemas cognitivos incluso en organismos unicelulares. Séptimo, recogemos las ideas de la *Cognición Distribuida*, planteando

que en la evolución de los sistemas cognitivos, es esencial la interacción con otros individuos, lo que a su vez da lugar a nuevos sistemas cognitivos en un nivel de complejidad superior. Octavo, creemos que el enfoque de la *Cognición Corporalizada* es central en Ciencias Cognitivas, puesto que sería el enfoque teórico más adecuado para entender la cognición *en el individuo*. Noveno, comprender lo anterior implica entender que existe un individuo especial, el Homo Sapiens, que posee capacidades cognitivas superiores y al cual le denominaremos *individuo agente cognitivo*. Y finalmente, como décima conclusión, lo anterior implica que es posible analizar las capacidades cognitivas del individuo cognitivo agente observándolo desde este punto de vista triple: como individuo, trabajo posible de adscribir a la psicología, como individuo interactuando con su ambiente físico, especialmente con aquel desarrollado por su propia especie, trabajo adscribible a la antropología, y como individuo agente interactuando con otros individuos agentes, trabajo adscrito a la sociología. Creemos que este punto de vista permite a las Ciencias Cognitivas abarcar todos los campos en donde se manifiesta el fenómeno de la cognición.

Primera parte

Capítulo I: Sobre las Teorías Alternativas de la Cognición

1.1. Teorías Alternativas de la Cognición

Hacia los años noventa, en Ciencias Cognitivas la visión predominante desde mediados de siglo y centrada en símbolos y sus relaciones a través de reglas lógicas, lentamente ha ido siendo cuestionada tanto desde su punto de vista filosófico como empírico, por nuevos enfoques que centran su mirada en cómo la mente emerge de un cuerpo que necesita interactuar exitosamente con un ambiente cambiante y que está inmerso en el constante fluir del tiempo.

Sabido es que la Ciencia Cognitiva tradicional (también denominada Computacionalismo, Representacionalismo, y en la inteligencia artificial “good old fashioned artificial intelligence” o GOFAI) (Anderson, 2003) se ha orientado a describir la mente como un procesador de información, donde su interacción con el ambiente es considerada poco relevante para las Ciencias Cognitivas ya sea por que sería materia de otras disciplinas, o porque no tendría potencial causal en su arquitectura y funcionamiento (Chomsky, 1959; Newell y Simon, 1997). Este enfoque de la cognición surge como una reacción enérgica contra el conductismo y su tendencia a eliminar el rol causal e incluso la existencia, de una entidad mental mediando entre estímulo y conducta humana (Chomsky, 1959). Con estas y otras presunciones a la base, algunas de las cuales serán discutidas brevemente en la presente tesis, el enfoque computacionalista de la cognición fue generando una teoría cognitiva que propone como hipótesis la existencia de una arquitectura mental que poco a poco fue tomando un cariz proposicional y simbólico. Este esquema aportó interesantes avances en Inteligencia Artificial, contribuyendo al surgimiento del boom de la informática y a la simulación computacional de conductas inteligentes.

Por estas y otras presunciones teóricas, la investigación en Ciencia Cognitiva dejó de lado por muchas décadas la investigación del papel que otras capacidades (tales como los sistemas perceptuales, sensoriales, motores, entre otros), propias de

los que podemos denominar '*organismos biológicos con capacidades mentales*'. Estas capacidades fueron consideradas periféricas por estas teorías, para concentrarse en lo que decidieron tenía más relevancia: el funcionamiento abstracto simbólico de una arquitectura hipotética aparte y desencarnada de sus sustrato biológico (Wilson, 2002).

Mucho se ha hablado y criticado a este enfoque cognitivo, razón por la cual en la presente tesis no se ahondará en él, a pesar de que probablemente muchas de las críticas irán surgiendo de forma natural durante el texto. Otra razón para decidir esto, radica en que este enfoque ha constituido el corpus principal de lo que se podría denominar la "historia oficial de la Ciencia Cognitiva", historia ya escrita y sobre la cual se ha derramado suficiente tinta tanto a favor como en contra. Nuestra intención, es exponer y ordenar las nuevas ideas que han ido surgiendo a partir de las críticas a este enfoque y a partir de los nuevos descubrimientos de la Neurobiología, Neurociencia Cognitiva, Antropología y Psicología. También pretendemos especular en torno a sus alcances epistemológicos y metodológicos, además de aportar con una recopilación de una historia poco tomada en cuenta, una historia "no oficial", que fue dando forma a lo que denominamos '*teorías alternativas de la cognición*', un conjunto diverso y disperso de descubrimientos, observaciones, hipótesis y enfoques teóricos con una raíz distinta al computacionalismo.

1.2. Orígenes

1.2.1. Historia no oficial de las Ciencias Cognitivas

Para empezar, se puede decir que las alertas más potentes que hablaron de alternativas al enfoque computacionalista fueron surgiendo desde los años 80. El impulso inicial fue dado por la irrupción del Conexionismo como enfoque rival de la cognición Clásica Computacionalista. Su propuesta, afirmaba que el mejor modelo de arquitectura cognitiva es aquel inspirado en el funcionamiento de neuronas y cerebros reales (Rumelhart, 1998, p. 206; Varela, Thompson & Rosh, 1992; 1993).

Sin embargo, Varela y colaboradores (1992; 1993) comentan que las Teorías Alternativas tienen un origen más lejano de lo que tradicionalmente se establece. Este se habría producido antes del surgimiento de la metáfora del computador y el cognitivismo clásico, e incluso en paralelo a las primeras ideas conductistas. El comienzo de la discusión en torno a la cognición se dio en el marco del surgimiento de

la cibernética entre los años 1943 a 1953. Este periodo, según Varela, ha sido poco tomado en cuenta y hay pocos autores que lo reconocen.

De esta nube fundacional surgieron diversas preguntas y áreas de investigación, que las Teorías Alternativas han retomado. Por ejemplo, Varela et al. (1992; 1993) mencionan uno de los productos más relevantes de aquel periodo primigenio de 10 años, como fue el establecimiento de una metadisciplina que se denominó *Teoría de Sistemas*. Esta ha dejado una impronta innegable en muchas ramas de ciencias calificadas de “duras”, como la Ingeniería (análisis de sistemas, teoría de control), la Biología (fisiología regulatoria, ecología) y las Ciencias Sociales; la teoría de la información como teoría estadística de los canales de señal y comunicación, los primeros ejemplos de sistemas autoorganizados y el uso de la matemática para comprender el funcionamiento del sistema nervioso (Varela et al. 1992; 1993, p. 62). El contenido de estas discusiones originarias está recopilado en las “Conferencias Macy”, publicadas por la Josiah Macy Jr. Foundation con el título de *Cybernetics*

De la lista de campos en los cuales han influido estos primeros avances en torno a la Cibernética y la Teoría de Sistemas, es necesario destacar el uso de la matemática para comprender el funcionamiento del sistema nervioso. Varela plantea que “la intención manifiesta del movimiento cibernético consistía en crear una ciencia de la mente” (Varela et al. 1992, p. 62), ya que los fenómenos mentales habían estado dominados demasiado tiempo por psicólogos y filósofos, y era necesario expresarlos en torno a mecanismos explícitos y formalismos matemáticos. Sin embargo, la discusión pronto giró en torno a *qué matemática usaremos para describir la mente*. McCulloch y Pitts, en su paper “*A logical calculus of ideas immanent in Nervous Activity*” de 1943 (también en Varela et al. 1992; 1993) expresan este problema de la siguiente forma: el camino para estudiar científicamente la mente y definirla en términos matemáticos debía ceñirse por dos principios: a) La *lógica* como la disciplina apropiada para comprender el cerebro y la actividad mental, y b) el cerebro como un artefacto biológico que *corporaliza* principios lógicos en sus componentes o neuronas.

En resumidas cuentas, estas dos conclusiones contienen, de forma intuitiva, la compleja confrontación entre las Teorías Computacionalistas y las Teorías Alternativas. Durante aquella misma época se discutió la primera idea sin llegar a nada concluyente, pero se optó hacia el año 1956 por estudiar más a fondo a la primera,

dando origen a lo que hoy se conoce como las *Teorías Cognitivas Clásicas*. Lo anterior, centró la investigación sólo en algunas preguntas y respuestas que Varela et al. plantean didácticamente en su texto:

“¿Qué es la cognición?, El procesamiento de la información como computación simbólica, es decir, manipulación de símbolos basado en reglas. ¿Cómo funciona? A partir de cualquier dispositivo que pueda soportar y manipular elementos funcionales discretos: los símbolos. El sistema interactúa sólo con la forma de los símbolos (sus atributos físicos), no su significado. ¿Cómo sé cuando un sistema cognitivo funciona adecuadamente? Cuando los símbolos representan adecuadamente algún aspecto del mundo real, y el procesamiento de información conduce a una adecuada solución del problema presentado al sistema”

(Varela et al. 1993, pp. 42 – 43.)

1.2.2. Resurgimiento

La cantidad de problemas del computacionalismo es numerosa. Por mencionar algunas, está la incapacidad del computacionalismo de dar cuenta de la diversidad en los lenguajes naturales (Hopper, 1987; Winograd & Flores, 1986, en Ibáñez & Cosmelli, 2007), la problemática tesis de los *‘módulos mentales’* que se emparenta con la visión localizacionista de la *‘neurona abuela’* o el enfoque *‘homuncular’*, lo cual ha sido largamente cuestionado por la neurociencia, (Van Gelder, 1997), el surgimiento de alternativas no representacionistas en Inteligencia Artificial (Brooks, 1986; 1991; Brooks, Breazeal, Irie, Kemp, Marjanovic, Scassellati & Williamson, 1998), que parece ser una buena solución al cuello de botella de Von Neumann, es decir, la dificultad que tienen los sistemas artificiales computacionalistas para procesar en tiempo real una decisión acertada en un contexto complejo que no ha sido previamente programado (Gutierrez, 1993, en Ibáñez & Cosmelli, 2007) y un largo etcétera (Haugeland, 1997; Clark, 2001; Rumelhart, 1998; Brooks, 1991 son algunos ejemplos). En torno a estas fallas o incongruencias, resurgen las Teorías Alternativas o Neocognitivas como las llama Freeman y Nuñez (1999), como un conjunto de nuevas hipótesis y observaciones empíricas que critican, modifican o rechazan los postulados del Cognitivismo Clásico.

Con el objeto de dar una visión global del estado de las teorías alternativas, pasaremos a continuación a explorar cada una y a destacar sus principales características y aportes. Tomando en cuenta la literatura disponible, se pueden

distinguir cinco corrientes más menos diferenciadas, que han ido surgiendo con proyectos de investigación diversos, pero que a nuestro parecer, y como iremos mostrando a lo largo de esta tesis, están apuntando a lo mismo: la importancia del cuerpo y de la interacción con el ambiente en la cognición. Entre estas teorías alternativas se puede mencionar la *Cognición Situada* (Brooks, 1986; 1991; 1997; Brooks et al. 1998), la tesis de los *Sistemas Dinámicos* (Van Gelder, 1997, 1998, 1999; Beer, 2000; Kelso, 2003; 1995; Port, 2000), la *Cognición Extendida y Distribuida* (Hutchins, 1995a; 1995b; Giere, 2002; 2004; Giere y Moffat, 2003, Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000; Magnus, 2007; Clark & Chalmers, 1998) y la *Cognición Corporalizada* (Anderson, 2003; Varela, 1979; Varela, Thompson & Rosch, 1992, 1993; Varela, 2000; Varela & Thompson, 2001; Cosmelli & Thompson, 2007; Lakoff & Johnson, 1999; Lakoff & Núñez, 2000; Clark, 1997; 1999a; 1999b; Thelen, Shöner, Sheier & Smith, 2001; Kortmann, 2001; Freeman & Núñez, 1999).

1.3. Conceptos fundamentales de cada enfoque alternativo de la cognición

1.3.1. Sistemas Dinámicos

Comenzaremos este apartado recurriendo al ejemplo didáctico que Van Gelder arguye al presentar su aplicación de los sistemas dinámicos en la cognición.

En “Dynamics and cognition” (1997) compara dos tipos de controladores como solución al problema de transformar el movimiento oscilante del pistón de una máquina a vapor, en un movimiento constante de una rueda, necesario para convertir la energía del vapor en energía hidráulica. Para esto, Van Gelder plantea tres soluciones posibles: La primera manual, la segunda computacional y la otra dinámica, que fue la definitiva, a cargo de James Watt.

Para controlar la velocidad de este mecanismo, existía una válvula reguladora que manejaba la presión en el hervidor (donde se producía la reacción del agua para producir el vapor) y por ende el pistón y el movimiento circular de la rueda (Fig. 1). Esta válvula era manipulada por un operario, mecanismo que pronto mostró algunas complicaciones ya que se requería una mayor precisión y rapidez ante las presiones fluctuantes propias del vapor en el hervidor, de forma que la rueda tuviera un movimiento constante. Debido a esto, se tenía que diseñar un mecanismo que supiera

esas deficiencias y que ajustara automáticamente la válvula reguladora para mantener estable la velocidad de la rueda.

Para solucionar este problema de ingeniería, Van Gelder propone una alternativa de estilo computacional clásico: dividir la acción objetivo (regular la válvula reguladora cuando la rueda no estuviese corriendo a una velocidad adecuada) en varias subtareas. La primera era medir la velocidad de la rueda, y la segunda era calcular la discrepancia entre la velocidad deseada y la velocidad real. Si no había diferencias, no era necesario ningún cambio; si había una discrepancia, entonces era necesaria una 3^o subtask, que consistía en que se midiera la presión del vapor y luego calculase a cuanto era necesario ajustar la válvula. Ante lo anterior, Van Gelder propone el siguiente algoritmo como base para un dispositivo de control que denomina “gobernador computacional”:

“(1)Comienzo:

- (i) Medir la velocidad de la rueda;*
- (ii) Comparar la velocidad actual con la velocidad deseada.*

(2) Si no hay discrepancia, volver al paso (1). Si la hay:

- (i) Medir la presión del vapor*
- (ii) Calcular la alteración deseada en la máquina de vapor*
- (iii) Calcular el ajuste necesario de la válvula*
- (iv) Ejecutar el ajuste de la válvula.*

(3) Volver al paso (1)”.

(Van Gelder, 1997, p. 423)

Lo anterior implica incorporar una serie de sensores, ejecutores y un sistema central (tacómetro, medidor de presión del vapor, un dispositivo para calcular la discrepancia de velocidad de la presión del vapor y del ajuste necesario, y el sistema central que ejecutara estas tareas). Sin embargo, en el siglo XVIII no existían implementos tan avanzados como estos, por lo cual era imposible implementarlo.

La solución de Watt, que finalmente fue implementada, resultó más simple que lo descrito anteriormente. Propuso instalar una barra vertical que rotase a una velocidad que fuera dependiente de la velocidad de la rueda, y por ende, de la presión del vapor. Adosadas a esta barra, existían dos brazos móviles con una bola de metal

en cada extremo, de manera que al girar la rueda, por la fuerza centrífuga ambos brazos subían o bajaban dependiendo de la velocidad (ver fig. 1). Estos brazos estaban conectados con la válvula reguladora, lo que implicaba que mientras más rápido giraba la rueda, y por ende el dispositivo, la fuerza centrífuga haría subir los brazos, y este movimiento abriría la válvula liberando vapor, de forma que la presión del mismo en la caldera disminuyera, y así la rueda disminuiría su velocidad. Y cuando la rueda giraba más lento, ocurría lo contrario. Por lo tanto, la rueda tendría entonces un movimiento más estable.

Tomando en cuenta este ejemplo, se puede decir que las diferencias entre estos tipos de gobernador van más allá de simples características técnicas. El gobernador computacional implica computar un resultado, que es el cambio deseado en la válvula reguladora. Necesita representar el ambiente matemáticamente, generar una máquina que manipule estas representaciones, las cuales son variables discretas que deben ser ejecutadas en secuencia. Para Van Gelder, este controlador es de tipo '*homuncular*'. En dicho controlador la información se procesa a la manera de un comité propio de algún *bureau* de una institución gubernamental, que transmite información e interactúa comunicándose simbólicamente entre sí. Lo anterior, lo haría engorroso y poco práctico, características propias de un sistema burocrático.

El gobernador de Watt en cambio, no presenta estas características, ya que en este caso el ángulo de los brazos con los pesos en sus extremos, que es una variable continua, interactúa con la velocidad de la rueda a través de una propiedad física como es la fuerza centrífuga, lo cual implica que todas estas variables están "*coupled*" o "*acopladas*" "*correlacionadas*" entre sí (es decir si varía una, varía la otra). Lo anterior, regula otras variables como la presión del vapor por retroalimentación gracias al dispositivo que controla la válvula. Por lo tanto, el dispositivo *dinámico* de Watt no implica en ningún momento el uso de representaciones simbólicas; es más simple, puede ser descrito matemáticamente y funciona de forma automática y en tiempo real. Además, no funciona de manera cíclica y rígida, ya que las oscilaciones propias de la presión del vapor en la caldera someten al sistema a distintas condiciones cambiantes, que no están contenidas en alguna regla programada con anterioridad. A lo más sería posible establecer un patrón de comportamiento, pero este patrón no tiene la misma forma de funcionar que una regla en el caso del sistema computacional.

Es posible tomar las últimas frases como un acercamiento preliminar a lo que son los sistemas dinámicos y de qué forma podemos aplicar sus principios a un sistema de tipo cognitivo. Van Gelder entiende ‘*sistema*’ como un “conjunto de variables que cambian a través del tiempo, de manera que la forma en que cambia una variable en un momento determinado, depende de los estados de otras variables del sistema en ese mismo momento” (Van Gelder, 1997, p. 433). Además, la unión de todos los estados de las variables genera el estado del sistema como un todo. Beer (2000), plantea que “un sistema dinámico es un objeto matemático que de forma clara describe cómo el estado de un sistema evoluciona en el tiempo” (p. 92). Matemáticamente, un sistema dinámico contiene tres elementos $\langle T, S, \varphi_t \rangle$, donde T es un conjunto temporal ordenado, S es un estado en el espacio, y φ_t es un operador evolutivo. $S \rightarrow S$ transformando un estado inicial $x_0 \in S$ en el tiempo $t_0 \in T$, a otro estado $x_t \in S$ en el tiempo $t \in T$. El conjunto T puede ser continuo o discreto. El estado en el espacio S puede ser numérico o simbólico, continuo o discreto, o un híbrido de los dos. Además, φ_t puede ser dado explícitamente o definido de forma implícita, puede ser determinístico o estocástico y puede tener inputs (no autónomo) o carecer de ellos (autónomo).

Tomando en cuenta lo anterior, Beer y otros autores (Van Gelder, 1997, 1998; 1999; Thelen et al. 2001; Clark, 1997; 1999 Pronovost, 2006), mencionan algunas variables que son relevantes en el contexto de un enfoque de sistemas dinámicos aplicado a la cognición. De gran interés, por ejemplo, son los comportamientos de un sistema en el tiempo. A través del tiempo, un sistema evoluciona hasta estabilizarse en un conjunto pequeño de estados espaciales llamado “*conjunto límite*”. Esto implica que si el estado del sistema siempre cae en un *conjunto límite*, la dinámica del sistema tenderá a mantenerlo indefinidamente. Dos tipos simples de conjuntos límites son los *puntos de equilibrio* y los *ciclos límite*. Los primeros son conjuntos límites consistentes en un punto unitario, lo que implica un comportamiento estable (puntos azules en la fig. 2), mientras un *ciclo límite* es una trayectoria que se cierra en sí misma, produciendo un desplazamiento de las variables que es rítmico y sin fin dentro de ese límite (línea cerrada en azul, marcada con una C en la fig. 2). Además, se entiende por *conjuntos límites estables*, o *atractores*, todas las trayectorias cercanas que convergen al conjunto límite, de forma que cualquier perturbación pequeña que lleve las variables fuera del conjunto límite, hará que la trayectoria retorne al *atractor* (punto de equilibrio en azul en fig. 2). En cambio, si se perturba un conjunto límite *inestable*, la trayectoria

no vuelve a su punto de equilibrio de partida (punto azul), y es llevado a cualquier parte por la dinámica (punto rojo). Habitualmente, los sistemas dinámicos poseen conjuntos límites múltiples, con cada *atractor* rodeado de un conjunto de puntos que convergen en el conjunto límite con el tiempo. Este conjunto de puntos se denomina *cuenca de atracción* (un ejemplo es la región en gris más claro de la imagen, una cuenca de atracción para el *conjunto límite C*, en la figura 2).

Otros conceptos importantes son las *trayectorias*. Consideremos el sistema representado en las figuras 3 y 4, que es un sistema dinámico bidimensional y continuo en el tiempo, y tengamos en cuenta que φ_t está dado implícitamente por dos ecuaciones diferenciales, lo cual determina lo que se denomina un *campo de vectores*. Este campo de vectores, dado por estas ecuaciones, asigna una dirección y magnitud instantánea de cambio para cada punto en el espacio (fig. 3). Partiendo de algún estado inicial, la secuencia de estados generada por la acción de la dinámica se denomina *trayectoria*, es decir, en un espacio de estados dado sería un conjunto particular de estados que se suceden entre sí en el espacio de estados – en la fig. 4, alguna de las flechas que se observan en el esquema. El conjunto de todas las posibles trayectorias se denomina el “*flujo*” (conjunto de flechas en la fig. 4) y el conjunto de los atractores, junto con las trayectorias generadas por el fenómeno representado, es el “*paisaje*”¹ o “*topología*” propia de ese fenómeno (la totalidad del esquema en fig. 4) (Eliasmith, 1998; Beer, 2000). Finalmente, si dos fenómenos o variables se ven influenciados ante la presencia del otro, ya sea en cuanto a sus atractores, topología, trayectorias, etc; se entiende que están *acopladas (coupled)* (Eliasmith, 1998)

Este enfoque entrega varios elementos importantes para aplicarlo a los organismos naturales y a los organismos cognitivos: Primero, muchos sistemas diferentes en la naturaleza llevan a cabo tareas complejas (como interactuar con su ambiente), que no necesariamente necesitan de representaciones para manifestar conductas. Segundo, la idea de que para resolver problemas complejos los sistemas necesitan utilizar representaciones obedece más a una forma específica de ver la cognición que ha predominado por años, más que a lo que ocurre en la realidad. Y

¹ *Landscape en el original*

tercero, los sistemas cognitivos podrían ser *sistemas dinámicos*, ya que se acercan más al funcionamiento del gobernador de Watt que al gobernador computacional.

Tomando en cuenta los conceptos dinámicos antes expuestos, Van Gelder (1997, 1998) y otros (Beer, 2000) intentan entonces aplicarlos a la cognición, de la siguiente manera:

- a) Los sistemas cognitivos pueden ser vistos como sistemas dinámicos, gobernados por ecuaciones diferenciales.
- b) En cognición, los científicos deben tomar en cuenta cómo el sistema cambia en el tiempo, y establecer los estados que el sistema toma en este cambio.
- c) La cognición puede ser entendida de forma geométrica, en torno a la posición de un estado cognitivo respecto de otro estado o respecto a cualquier rasgo del sistema. Lo anterior, por lo tanto, postula más que una arquitectura cognitiva, un paisaje compuesto de estados y atractores.
- d) La Ciencia Cognitiva debe describir qué tipo de estructura manifiesta un sistema y sobre todo, cómo sus procesos evolucionan temporalmente.
- e) El procesamiento cognitivo ocurre en un continuo fluir, que no comienza (input) ni termina (output) en ningún momento.
- f) Los sistemas cognitivos funcionan en directa relación y acople con el ambiente y no ante un input específico o ante las reglas internas del sistema.
- g) Si existe algo como una *representación mental* dentro del procesamiento cognitivo humano estos deberían ser identificados con atractores y trayectorias, más que con modelos simbólicos formales. (Clark, 1997; 1999a; Anderson, 2003)

1.3.2. Cognición Situada

Los desarrollos de la cognición situada en el contexto de la Inteligencia Artificial revolucionaron esta disciplina en los años noventa. Para Brooks, el padre de este enfoque, el Computacionalismo ha intentado reconstruir la cognición “desde arriba hacia abajo” (top down), es decir, replicar solo la inteligencia humana sin explicar cómo emerge ésta de los sensores y ejecutores motores periféricos o de su evolución

como capacidades propias de organismos que han tenido que interactuar con ambientes cambiantes para conservar su existencia a lo largo de milenios (Brooks, 1997). La inclusión de este tema, lleva al autor a concluir la siguiente afirmación:

“... Yo y otros autores, creemos que la inteligencia a nivel humano es demasiado compleja y poco entendida hasta el momento para ser correctamente descompuesta en las piezas correctas, e incluso, si conocemos las piezas, aún no conocemos las interconexiones correctas entre ellas”

(Brooks, 1997, p. 395)

A esta conclusión, Brooks agrega los pilares de lo que fue su proyecto de construir robots que no necesiten de representaciones para funcionar. Para esto propone dos premisas: Primero, que en el diseño se deben ir construyendo de forma *incremental* las capacidades de los sistemas inteligentes, es decir, de lo más simple a lo más complejo, de manera de tener sistemas completos en los cuales las piezas que interactúan sean exitosas. Y segundo, tenemos que construir sistemas inteligentes completos, con capacidades para la acción y sensores reales que podamos soltar en el mundo real. Bajo estas premisas, su equipo ha construido robots, que han llevado a conclusiones *‘inesperadas’* y una hipótesis que denomina *‘radical’*:

“Conclusión: Cuando se examina inteligencias a nivel simple, encontramos que representaciones y modelos explícitos del mundo quedan en el camino. Es mejor usar el mundo como el mejor modelo.

Hipótesis: La representación es la unidad de abstracción inadecuada para construir el grueso de las partes de un sistema inteligente.”

(Brooks, 1997, p. 396)

El autor agrega que muchos animales son inteligentes en algún grado, y que si entendemos la inteligencia como cognición lógico simbólica (enfoque característico de los inicios de la Ciencia Cognitiva), claramente los animales no son inteligentes. Sin embargo, si entendemos la inteligencia como interacción exitosa con el medio, como en algunas teorías psicológicas de la inteligencia se argumenta (Davidoff, 1989), *podemos asignarle a los animales inteligencia “en algún grado”*. Además, realiza otro paso interesante, planteando que la tierra tiene 4,6 billones de años de historia. Remonta la cadena evolutiva hasta los 3,5 billones de años, cuando las primeras células se diferenciaron de la sopa primordial y llevaron a cabo comportamientos adecuados que les permitieron evolucionar y sobrevivir. Luego, pasando por peces,

reptiles, aves y mamíferos, los primeros primates llegaron hace 120 millones de años, y nuestros predecesores, los grandes primates, hace 18 millones. El hombre, llegó con su forma presente hace 2,5 millones de años, inventó la agricultura hace 10.000, la escritura hace 5.000, por lo tanto se entiende la aparición del razonamiento y la escritura como el resultado natural de la carga evolutiva de desarrollo que desembocó en los primates superiores, pero el momento en que estas capacidades aparecieron fue cuando estaba muy avanzada la cadena evolutiva del hombre, es decir, muy tardíamente. Por lo tanto, aquello que fue primero en esta cadena evolutiva, y que está a la base de estas conductas evolutivamente “nuevas” como el lenguaje y la escritura, es la habilidad de interactuar y desplazarse en un ambiente cambiante, alerta a los alrededores para mantener la propia vida y asegurar la reproducción y la interacción saludable de sus conespecíficos. Lo anterior, como se observa, incluye por primera vez de forma potente aspectos relacionados con la *evolución filogenética* de la especie humana y de los animales, e incluso, se ha llegado a hablar de una “*racionalidad ecológica*” o “*psicología ecológica*” (Cutting, 1982; Shaw & Turvey, 1999; Turvey & Shaw, 1999; Greeno, 1994)

Bajo estas premisas, Brooks intenta estructurar su visión de Inteligencia artificial. Uno de los desarrollos interesantes es el contraste entre lo que denomina *descomposición por función y por actividades*. La *descomposición por función*, implica analizar en abstracto las estructuras mentales que “podrían” estar detrás del comportamiento inteligente y, por ende, de sus acciones, llevando a la bien conocida división entre un elemento central y otros elementos periféricos (sensoriomotores). Esta jerarquización vertical de las funciones de un sistema es la base de las arquitecturas clásicas, y del enfoque modular, y contiene un fuerte ideario cartesiano en su base. El ‘*procesador central*’, en palabras de Brooks, puede a su vez descomponerse en piezas más pequeñas que le dan funcionamiento al mismo, a las que puede denominárseles “representación” “memoria”, o en definitiva “modulo”, (Fodor, 1983) elementos cuya constitución material y verificabilidad empírica es difusa, y cuyas interrelaciones son poco útiles para implementar un robot en un ambiente cambiante.

En tanto, la *descomposición por actividades* propuesta por Brooks no haría esta distinción entre un procesador central y elementos periféricos que aseguren los inputs necesarios para que el procesador genere los outputs adecuados. Por el

contrario, propone unidades al interior del robot, que cumplen funciones tanto sensoriales como para la acción a la vez (behavior producing system, BPS), es decir, que ante un estímulo externo, captado por esta unidad, el robot reacciona inmediatamente con una acción consecuente, programada en esta misma unidad, o coordinada con otras unidades, a la manera de un reflejo como el que se da ante el evento de una quemadura en un ser humano: no se requiere procesamiento representacional previo para mover la mano cuando la tenemos en el fuego; esta es automáticamente removida para evitar el daño. El conjunto coordinado de acciones que emerge de la interacción con el mundo se denomina *actividad*, y varias *capas* de actividades pueden coexistir y funcionar en paralelo para dar al robot un comportamiento adaptativo (Ejemplo en la fig. 5)

La idea de esta metodología es implantar una *inteligencia incremental* (en el sentido de que mientras más capas de actividad hagamos funcionar, la inteligencia, o capacidad de la "creatura", como Brooks la denomina, de reaccionar adecuadamente ante su medio, se incrementa), desde unidades reactivas más simples (en la figura 5 las unidades como "sensor táctil" y la unidad que maneja la "acción de iniciar la marcha"), las cuales unidas (primera capa en la figura 5) y procesando en paralelo (con la segunda capa en la figura 5), constituyen unidades más complejas, que exhiben comportamientos más específicos (Acción compleja de "Búsqueda de nuevos lugares cerca de donde alcanza la vista")

Esto tiene implicancias directas en la forma en la cual Brooks estructura sus ideas respecto a la robótica. A partir de la observación simple de que la inteligencia ha evolucionado desde seres menos inteligentes que el ser humano, pero que funcionaban adecuadamente a su contexto como una unidad, cumpliendo su rol en el *nicho ecológico* que les tocó y sobreviviendo a las perturbaciones del ambiente, logra establecer un método para construir *robots situados*. A partir de unidades simples de conducta como las ya explicadas, conectadas con otras unidades paralelas con características distintas y que funcionan adecuadamente como un todo en lo que denomina "capa", logra un relativo éxito en su ambición de crear "criaturas que actúen apropiadamente a los cambios del ambiente", criaturas *robustas* (Brooks, 1997; 1991), que puedan resistir a estos cambios y variar constantemente sus objetivos en el ambiente y en el momento, de manera de desplazarse adecuadamente por un paisaje accidentado de forma autónoma.

A partir de la investigación que se ha hecho con estos robots, los investigadores han podido concluir una serie de condiciones para que este tenga éxito en su ambiente. Lo anterior, se resume en las cuatro esencias alternativas respecto de la visión tradicional cognitivista clásica de inteligencia: *Desarrollo* – los organismos no nacen con todas las habilidades cognitivas, las cuales emergen durante su desarrollo ontogenético – *Corporalización* – el cuerpo es la fuente esencial de información para el desempeño exitoso en un ambiente dado – , *Interacción Social* – relacionarse y compartir información con otros conespecíficos también es un elemento básico para desenvolverse en un el propio ambiente – e *Integración* – los sistemas cognitivos son un conjunto de capacidades propias del individuo que funcionan de forma paralela y unitaria (Brooks et al. 1998; Brooks, 1991; 1997).

1.3.3. Cognición Extendida

A pesar que aún no se podría decir que este enfoque tenga muchas diferencias con la cognición distribuida, hemos decidido tratarlo en un apartado distinto por que creemos que servirá más tarde en la tarea de describir los distintos niveles en que debe ser abordada la cognición en nuestra propuesta. Para introducirnos a la Cognición Extendida, veremos un ejemplo del artículo “*The extended mind*”, de Clark y Chalmers (1998).

Otto, cuentan los autores, es un personaje con enfermedad de Alzheimer, y una posibilidad de funcionar adecuadamente con esta enfermedad, es valerse del ambiente para poder recordar lo que olvida. Por esto, acarrea un cuaderno hacia dónde va, de forma que cuando aprende nueva información (capacidad que como sabemos, en el Alzheimer esta mermada), rápidamente la escribe en el cuaderno. De este modo cuando desea recordar algo, simplemente lo ve en mismo. Por lo tanto, el cuaderno juega el rol que en una persona normal exhibiría *su propio sistema de memoria biológico*. Este es un ejemplo de que el ser humano, sano o enfermo, utiliza activamente su ambiente como *andamio* para almacenar información, de forma que sin estos ‘*ayudamemorias*’ ambientales – que pueden ser desde un papel recordando una cita a cierta hora hasta un disco ‘*pare*’ – la persona no podría, o a lo menos, le sería más difícil o más lento realizar los comportamientos adecuados. Para Clark y Chalmers, la interacción de Otto con su cuaderno, o de cualquiera de nosotros con una agenda, por ejemplo, es un *sistema cognitivo*.

Clark y Chalmers agregan que casos como estos no son tan “exóticos” y ya se han analizado fenómenos semejantes en animales, como es la compleja organización que tienen los cardúmenes de peces para evitar y enfrentar los ataques de los depredadores valiéndose del ambiente (burbujas, remolinos u otro fenómeno marino) o de los otros peces del cardumen (Triantafyllou & Triantafyllou, 1995; Clark, 1999b) u otros fenómenos semejantes en humanos (McClelland, Rumelhart & Hinton, 1986; Kirsh, 1995, en Clark y Chalmers, 1998; Hutchins, 1995a). Por ejemplo, tenemos la manipulación que se hace en el conocido juego “Tetris”, reportado por Kirsh y Maglio (1994), en donde se debe encajar ciertas figuras geométricas de forma adecuada contra el tiempo, para lo cual es necesario rotarlas para hallar la forma de que encaje correctamente (figura 6 y 7). Ellos calcularon que la rotación de la figura en 90 grados, utilizando los botones para lograrlo en la pantalla, tomaba 100 milisegundos, a los cuales hay que sumar 200 milisegundos para elegir el botón correcto para realizar la rotación. Sin embargo, llevar a cabo la misma operación a través de una *rotación mental previa* lleva 1000 milisegundos. La evidencia que obtuvieron los investigadores en este estudio indicaba que se realiza la rotación física usando los botones no solo para ubicar la figura en su encaje, sino que para determinar en qué momento la figura y el encaje son compatibles, en un constante y rápido proceso de ensayo y error. Lo anterior, representa según estos autores un ejemplo de ‘*acción epistémica*’, que consiste en acciones que alteran el mundo o el ambiente con el fin de facilitar la solución de un problema cognitivo (por ejemplo, ordenar las cartas de un naipes de mayor a menor o según su color o figura para calcular las posibilidades de éxito en una partida de póker). Son un *medio* para solucionar un *fin* de naturaleza *cognitiva*, mientras que en una ‘*acción pragmática*’, sólo se altera el ambiente para obtener un cambio en aquel ambiente (Kirsh & Maglio, 1994).

De observaciones como la anterior surge entonces la idea del ‘*externalismo activo*’, que plantea que en los casos mencionados, el organismo humano está unido con una entidad externa (una herramienta o un artefacto) en una interacción bidireccional, creando un sistema asociado (*coupled*) que puede ser visto como un *sistema cognitivo como tal*. Todos los componentes en el sistema *jugarían un rol causal*, siendo necesarios y suficientes para realizar una acción exitosa. En conjunto constriñen la conducta necesaria a ejecutar, ya que si removemos algún componente del sistema, las probabilidades de éxito del mismo disminuyen, tal como si anuláramos o removiéramos alguna área (mínima o mayor) del cerebro, como en el ejemplo de

'Otto' (Clark & Chalmers, 1998). La tesis del externalismo activo dice que procesos como éste poseen un componente cognitivo a pesar que implican la necesidad de integrar componentes físicos externos al organismo en el proceso.

1.3.4. Cognición Distribuida

Básicamente, este enfoque expande los límites tradicionalmente aceptados al estudiar los procesos mentales, viéndolos como fenómenos que no ocurren en su totalidad dentro del individuo y que engloban elementos fuera del cerebro y fuera del mismo cuerpo. Estos fenómenos incluyen las interacciones entre los individuos (Hutchins, 1995a; 1995b; Magnus, 2007; Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000) y entre estos y distintas herramientas que existen en el ambiente (Clark, 1999a; 1999b; Clark & Chalmers, 1998), los cuales son variables que tendrían un rol fundamental al momento de querer entender definitivamente la cognición (entendiendo esta no sólo como la cognición humana, o un tipo particular de cognición, sino que *todo lo que en la naturaleza implica cognición*).

En específico, tenemos varios principios que guían esta teoría. El primero, tiene que ver con los límites de la unidad de análisis de la cognición. En las aproximaciones tradicionales la unidad de estudio eran los individuos, o mas específicamente, como es el caso de la Cognición Clásica, un sistema abstracto con una arquitectura independiente del cerebro de un individuo, pero al interior de este y en constante (y misteriosa) interacción con él. Sin embargo, la Cognición Distribuida apunta a describir cualquier proceso cognitivo teniendo como base las relaciones que se producen en dicho proceso. Para esto, utilizan ejemplos como las interacciones que se producen entre individuos y máquinas en el puente de un barco o en el centro de comando de un avión para llevar ambos a buen puerto. En estos casos, existen individuos con roles específicos (tripulantes, capitán, maquinista, cocinero incluso), herramientas e instrumentos (brújula, altímetro en el caso de un avión, mapas, etc.) y una interacción específica entre ellos (el maquinista se encarga de mantener funcionando el motor, y poco sabe de hacia donde debe dirigirse el barco para encontrar, por ejemplo, una mejor pesca, si se trata de un barco pesquero). Hay incluso un sistema de comunicación específica que un ciudadano no entendería y que solo funciona en el contexto de manejar un barco.

El segundo principio tiene relación con el tipo y cantidad de mecanismos que pueden participar en un proceso cognitivo. Este rango de mecanismos no solo incluye elementos simbólicos que están dentro de la mente de una sola persona, sino que abarca herramientas, lugares y personas que en conjunto con el individuo componen un *sistema cognitivo*. Hutchins (1995b) menciona los procesos de memoria que se pueden dar en la interacción de máquinas y personas en un avión, los cuales no se pueden explicar solo con el análisis individual de los elementos que participan, sean personas o artefactos. Con este análisis es posible entonces establecer las siguientes observaciones: *Los procesos cognitivos podrían estar distribuidos entre los miembros de un grupo social, pueden estar en coordinación con estructuras cognitivas internas (símbolos? áreas corticales y subcorticales del SNC?) y externas (herramientas, artefactos, paisajes), y los procesos están distribuidos a través del tiempo, de forma que los fenómenos tempranos ocurridos en aquellos sistemas cognitivos pueden afectar los eventos futuros, a la manera de una "historia" del sistema.*

Tercero, para muchos investigadores, sobre todo asociados a disciplinas como la antropología y la sociología, la organización social sería una forma de arquitectura cognitiva, y *por lo tanto es posible utilizar los conceptos y modelos explicativos válidos en los grupos sociales, para describir lo que esta pasando en la mente.*

En cuarto lugar, y a nivel de "dogma" según los autores, para entender un enfoque que vea a la cognición como un fenómeno distribuido, es necesario aceptar que la mente está *corporalizada*, es decir, que *es una propiedad emergente de las interacciones complejas entre los recursos internos y externos*, por lo que el cuerpo humano y el mundo material en el que ese cuerpo se desenvuelve, toman un rol central para explicar la cognición.

En quinto lugar, el estudio de la cognición, sobre todo humana, *no es posible de separar del estudio de la cultura*, ya que casi todo elemento cognitivo funciona en el contexto de complejos ambientes culturales, y está inserto en ellos de forma inseparable (*embedded*). La cultura surge, por un lado, de la interacción entre *agentes* humanos en sus contextos históricos, historia que incluye artefactos materiales y prácticas sociales. Lo anterior daría forma a los procesos cognitivos, especialmente aquellos que tienen que ver con otras personas, artefactos o ambientes, a través de un proceso complejo de *andamiaje (scaffolding)* el cual puede ser definido como un proceso que permitiría a un niño o a un novato resolver un problema o llegar a una

meta a la cual no podría haber llegado sin la ayuda de otros o de forma independiente (Wood, Bruner & Ross, 1976; en Granott, 2005; Renninger & Granott, 2005). Por lo tanto, la cognición también estaría presente en los complejos sistemas de relaciones sociales, como la que se produce entre un profesor y un discípulo, de forma que el discípulo nunca podrá realizar actividades de forma exitosa o en el tiempo adecuado sin la ayuda previa o presente de un tutor.

Capítulo II: Cognición Corporalizada y sus problemáticas

2.1. Punto de encuentro

Hemos decidido tratar en un punto aparte los enfoques corporalizados. Primero, porque es el enfoque que nos interesa, y segundo, porque consideramos que es el mejor candidato a convertirse en una *meta teoría*, que se alimente de los otros enfoques e incluso del conexionismo, y que se constituya en el paradigma que logre unificarlos como una teoría completa y coherente de la cognición, paralela al Cognitivismo Clásico. Además, creemos que es el que posee más visos de poder constituirse en una teoría científica madura, con fuerte fundamento empírico anclado no solo en la simulación sino que en la experimentación. El problema sin embargo, es que a simple vista las ideas corporalizadas están diseminadas por diversas disciplinas, lo que hace muy difícil el diálogo entre las distintas escuelas e incluso ciencias. La situación anterior lleva que, a nuestro parecer, haya sido difícil zanjar tópicos como los que se pretende abordar en la presente tesis.

Si bien, como hemos visto, entre las Teorías Alternativas de la cognición persisten discusiones y diferencias, al leer la literatura y las opiniones de sus principales exponentes hay un tópico en el cual todos parecen estar de acuerdo, y que se puede resumir en la frase *la cognición está corporalizada*. Thelen y colaboradores, a partir de sus investigaciones empíricas en Psicología y Biología del desarrollo humano, afirman:

“Desde Piaget (...) es ampliamente sabido que todas las formas de pensamiento humano emergen de alguna manera de las actividades sensoriomotoras en los infantes. Pero también se asume generalmente que el objetivo del desarrollo es ir más allá de lo meramente “sensoriomotor” hacia formas simbólicas y conceptuales de funcionamiento. La meta del investigador del desarrollo desde este punto de vista, ha sido “desenterrar” las capacidades cognitivas “reales” del niño, libres de déficit de desempeño producto de habilidades perceptuales, atencionales o motoras inmaduras. La división entre lo que el niño “realmente” sabe y lo que puede demostrar que sabe ha sido un tema persistente en la psicología del desarrollo (...). Argumentamos aquí que esta discontinuidad es insostenible. Nuestro mensaje es: si podemos entender este objetivo infantil y sus diversas variaciones contextuales en términos de un proceso dinámico acoplado, entonces el mismo

*tipo de análisis puede ser aplicado a cualquier tarea en cualquier edad. Si podemos demostrar que “conocer” no puede ser separado de “percibir”, “actuar” y “recordar”, entonces estos procesos están siempre ligados. No hay tiempo y no hay tarea en la cual esta dinámica cese y otro modo de procesamiento entre en acción. **Cuerpo y mundo permanecen constantemente unidos entre sí**”.*

(Thelen, Shöner, Sheier & Smith, 2001, p. 2)

Van Gelder, defendiendo su aplicación de los sistemas dinámicos a la cognición, plantea:

“En el marco conceptual Cartesiano, la relación básica de la mente respecto al mundo consiste en representar y pensar sobre este, con interacciones “periféricas” ocasionales a través de la percepción y la acción. Se sabe que desde Berkeley, este enfoque tiene problemas epistemológicos fundamentales. Pero solo recientemente, se ha visto que escapar de estos problemas implica reconsiderar al agente humano implicado en una hábil confrontación con un mundo cambiante, y que representar y pensar sobre el mundo, es secundario y depende de esta confrontación”

“Un enfoque dinámico de la cognición promete minimizar las dificultades en comprender cómo los sistemas cognitivos son sistemas biológicos reales en dependencia constante, íntima e interactiva con su ambiente”

(Van Gelder, 1997, pp. 446 – 447)

Las dos citas se enfocan en tres aspectos: Primero, Thelen y colaboradores plantean que es insostenible en el contexto del desarrollo humano continuar investigando como las formas *“simbólicas y conceptuales de funcionamiento”* se desligan del funcionamiento sensoriomotriz para transformarse en funciones *“realmente cognitivas”* a medida que un individuo se desarrolla. En segundo lugar, progresivamente se ha observado que este funcionamiento *realmente cognitivo* del niño esta ligado directamente con *“percibir, actuar y recordar”*, de forma que estas capacidades dejan de ser, como Van Gelder plantea en la segunda cita al hablar de un esquema epistemológico cartesiano, *“interacciones periféricas”*. Y tercero, que cualquier forma de representación y pensamiento, proviene de la confrontación del individuo con el mundo, interacción que más que una confrontación, implica una unión en la que ambos elementos se influyen mutuamente. La segunda cita de Van Gelder nos permite avanzar un paso más al afirmar que los sistemas cognitivos son *sistemas biológicos reales*, con una existencia espaciotemporal material que contiene capacidades perceptuales, conductuales y finalmente cognitivas.

Por su parte en el contexto de la cognición situada, Brooks y colaboradores establecen:

“Quizás la más obvia característica de la inteligencia humana, y la menos tomada en cuenta, es que está corporalizada. Los humanos están insertos en un ambiente complejo, caótico y en constante cambio. Existe una relación física directa entre la acción y la percepción, sin la necesidad de representaciones intermediarias... Para un sistema corporalizado, las representaciones internas están finalmente basadas en interacciones sensoriomotrices con el mundo”

(Brooks, Brezeal, Irie, Kemp, Majanovic, Scassellati & Williamson, 1998)

Y Hollan y colaboradores, desde la cognición distribuida, dicen que:

“Un segundo dogma de un enfoque como el de la Cognición Distribuida, es que la cognición está corporalizada. No es algo casual que poseamos cuerpos que nos atan causalmente en relaciones con nuestros ambientes inmediatos”

“Desde la perspectiva de la cognición distribuida, la organización de la mente – tanto en su desarrollo como en su operar – es una propiedad emergente de la interacción entre recursos internos y externos. Desde este punto de vista, el cuerpo humano y el mundo material toman un rol central más que periférico”.

(Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000, p. 177)

Por otro lado, consideramos relevante incluir otra cita que muestra que este concepto no es nuevo, como parece al revisar la literatura disponible. Ya en 1943 McCulloch y Pitts hablaban de corporalización, como comentamos en el capítulo anterior, y en 1979, Varela abogaba por una definición de corporalización, en el contexto de sistemas autopoieticos (idea que se revisa en profundidad en el capítulo V): *“La célula es una corporalización molecular de la autopoiesis”* (Varela, 1979, p. 24)

Las dos penúltimas citas comienzan ya a hablar directamente del concepto de *corporalización*, o en inglés *embodiment*. Ambas retoman los fenómenos que menciona Van Gelder y Thelen y colaboradores. En este conjunto prevalecen conceptos como *percepción* y *acción*, *interacción física con el mundo*, *sistemas biológicos reales*, y el pensamiento o las representaciones como producto de esta interacción con el mundo, todo lo cual es resumido por Varela en el contexto de su enfoque de Biología Teórica como un fenómeno dado por el funcionamiento de un ser vivo (autopoiesis), donde la corporalización es la manifestación de este funcionamiento en un ser vivo *concreto*, es decir, su implementación espacio – temporal.

Como vemos el punto de encuentro entre estos enfoques claramente está anclado en torno a la *corporalización*. Sin embargo, persisten dudas en torno a conceptos como “*mundo*” al interior de estas definiciones. ¿En qué consiste esta *interacción* con ese *mundo*?, y directamente, ¿en qué consiste precisamente la *corporalización*? Creemos que tópicos como este, y otros muchos, no quedan suficientemente aclarados con estas definiciones, y no existe una visión común en la literatura, por lo cual recopilaremos lo que la literatura nos plantea en torno especialmente al concepto de *corporalización*.

2.2. Raíces filosóficas: relación cuerpo – mente y *embodiment*

Para comprender mejor el origen del concepto y del enfoque corporalizado, será necesario adentrarnos en la historia, tanto desde el punto de vista filosófico como científico, de las distintas concepciones que se ha tenido de la mente y de su interacción con el cuerpo. Con este fin, es importante tener en cuenta las observaciones de Freeman (2007) y Freeman y Núñez (1999) acerca de la evolución que han tenido las ideas gestacionales que llevaron a Descartes a hacer su distinción tan radical entre cuerpo y mente, distinción que ha influido a la ciencia en general durante los últimos siglos, y a la Ciencia Cognitiva en particular desde la mitad del siglo XX. En ambos trabajos, y en otros cuantos de otros autores (Van Gelder, 1997; Anderson, 2003; Lakoff & Johnson, 1999), Freeman y Nuñez nos remontan a la Grecia clásica, donde coexistían dos visiones sobre la relación mente – cuerpo: la *teoría de la percepción activa* aristotélica y la de *los espíritus animales*, de orientación platónica. La segunda postulaba que la percepción, y la relación mente – realidad consiste en la presencia de un agente pasivo, que extrae información *desde* el exterior, sobre la cual la mente opera aislando principios fundamentales o ideales. De esa manera, podría decirse que en todo momento la información *viene de afuera*, y es *corrompida* por el ruido y las distorsiones de nuestros aparatos sensoriales; por lo tanto, la tarea de la mente es básicamente reconstruir las formas ideales. Aristóteles, por su parte, consideraba esta relación entre mente y ambiente como algo activo, que requería de un trabajo continuo del agente a través de su cuerpo, para manipular la realidad y registrar con este aquellas formas o principios. Ambas teorías primigenias, se oponen entre si en función a la naturaleza pasiva o activa de la percepción y la mente, y las ideas de Aristóteles dejan entrever, para Freeman, que el cuerpo desde esta época, ya era visto como un factor importante en la génesis del fenómeno que denominamos

mente, a pesar que según Freeman ambos filósofos asumen directa o indirectamente la noción de que la información proviene predominantemente desde afuera. Otro factor que influiría en esta problemática es la distinción entre formas ideales y materia, comentada por Lakoff y Johnson (1999). Esta distinción, nacida a partir de los griegos en el pensamiento occidental, deja en ciernes algunas preguntas: ¿Las “formas ideales” están constituidas a su vez por una sustancia material, o por otra sustancia elemental de naturaleza inmaterial?, ¿Estas formas pueden existir independientes del mundo material?

Freeman continúa esta historia, planteando que el primero que atisbó el error de ambas concepciones fue Santo Tomás de Aquino, quien siguiendo los principios de Aristóteles, planteó dos procesos esenciales en el funcionamiento mental: *intendere* (que Freeman relaciona con el sentido que esta palabra tiene en el latín, donde se la asocia con la tensión de un arco, el cual es usado para dirigir una flecha *hacia afuera*) y *adequatio*. La primera, plantearía que el individuo *no es penetrado por ninguna cosa desde afuera*, para percibir y realizar un proceso mental. La segunda (*adequatio*) posible de traducir como “asimilación”, no consistía en extraer una forma primordial desde el exterior, sino que se refería a la forma que adoptaba el cuerpo al manipularlo, lo cual implica la *creación* de información interna acerca del mundo en base a las operaciones del cuerpo: por ejemplo, el concepto de copa es creado por el propio cuerpo, al adecuarse la mano a la forma de la copa en el contexto de una conducta orientada a obtener bebida.

Es posible comparar lo anterior al proceso biológico básico de la visión: al leer una frase como “todos los hombres son mortales”, los ojos captan los fotones que rebotan sobre el sustrato material que contiene las letras, dibujadas en tinta roja si queremos, que componen aquella frase. Luego, en el ojo estos fotones son capturados por receptores individuales (conos o bastones), proceso sin el cual simplemente no hay ningún procesamiento. Si estos fotones logran ser captados por conos y bastones, y pasa que el organismo que los captura es un humano occidental, exhibirá una conducta que es *distinta* a la naturaleza fisicoquímica de estos fotones: no es capacidad de los fotones entender esta frase. Pero a la vez el mecanismo desde el punto de vista físico, es *continuo* en cuanto a su constitución materio – energética, porque esos fotones, por una interacción química, generan la *reacción* de moléculas especializadas (fotopigmentos como la rodopsina), lo cual gatillará la depolarización electroquímica que conducirá al impulso a través de los nervios hasta el sistema

nervioso central, proceso esencial pero no único para entender aquel refrán. Por lo tanto, para Freeman ver aquella frase no implica la importación desde el exterior de las formas platónicas, sino más bien un proceso interno en el organismo, en este caso humano, y claramente si se extraen estas formas desde el exterior, estas son claramente socioculturales: están constituidas por lenguaje, palabras y letras que una persona entiende porque pertenece a una cultura que lo ha preparado para entenderlas.

Freeman continúa la historia con la irrupción de Descartes en textos como *Meditaciones Metafísicas* (1950). Este filósofo concibió las operaciones del cerebro en términos matemáticos y las operaciones del cuerpo en términos de una máquina animal, y hasta cierto punto tiene mucha razón. Tomó la doctrina de Platón, que ya planteaba una separación tácita entre materia y forma, comentada en párrafos anteriores, y la mezcló con su conclusión respecto a *qué eran las formas claras y distintas*: debían estar constituidas por algo incorpóreo, que no obedeciera a leyes materiales, que fuera permanente e imperecedero, leyes y principios matemático–abstractos que demostraban ya en esa época funcionar en todos los casos, que no cambiaban al ser aplicados a materias distintas, y permanecían inalterables en el tiempo. Así era posible encajar la idea de mente con la doctrina platónica y con la iglesia: el cuerpo, corrompible, percedero, estaba realmente separado del alma incorpórea y perenne, pues la materia prima de esta, su sustancia, era inmaterial, y su mejor exponente eran los principios lógico matemáticos. Al hacer este movimiento filosófico, Descartes fundó el problema, insalvable hasta ahora, de cómo es que el alma, que se eleva en algún sentido ideal, interacciona con el cuerpo. Aunque él no planteaba la idea de que el alma manipulaba matemáticamente al cuerpo, llegó a afirmar que existía un flujo espiritual a través del cerebro, proveniente probablemente de los ventrículos y de la glándula pineal. Freeman agrega que para Descartes esta glándula sería “la válvula que controlaba el flujo del espíritu”, que con el incremento del volumen muscular causa el movimiento. Esta particular teoría fue rápidamente desvirtuada por fisiólogos italianos (Freeman, 2007 p. 31), pero aun así, y como sabemos, embelesó rápidamente a los científicos por su rol entregado a las matemáticas, y provocó aquel dualismo presente por siglos en la neurofisiología, que desde un comienzo separa la *conducta refleja*, explicable en términos simples biofísicos y neuroquímicos, de la *conducta voluntaria*, cuya explicación nunca queda establecida en términos científicos. Incluso, Freeman conecta directamente esta

dicotomía mente – cuerpo con la historia de cómo se fueron gestando muchas teorías neurológicas, desde la idea de Willis (1621 - 1675) de que un anillo de arterias que se encuentran alrededor del sector óptico del cuerpo calloso (el “circulo de Willis”) era el receptáculo donde se concentraba el espíritu y el lugar de contacto del alma sobre el cuerpo; hasta la frenología de Frank Gall (Freeman, 2007). Con el tiempo, aparecerían otras teorías contrarias a este “flujo de espíritus”, que lentamente encontrarían que lo que fluye no es el alma, sino simplemente energía. Lo anterior fue ganando terreno en la Neurología, mientras en las Ciencias Cognitivas ganaron terreno las ideas cognitivistas Clásicas, con sus conceptos de representación y arquitectura cognitiva estructurada a base de reglas lógico simbólicas de inspiración cartesiana.

Resumiendo, Anderson dice que “el cuerpo es para Descartes tanto necesario como inaceptable” (2003, p. 93), y esta idea también alimenta las concepciones cartesianas acerca de la discontinuidad entre seres humanos y animales. Para Descartes, los animales sólo son mecanismos autómatas: tienen sensaciones como los seres humanos, porque poseen los órganos para esto, pero no tienen pensamiento. Las afirmaciones acerca de que el pensamiento debe ser identificado con el razonamiento abstracto de primer orden humano, originado en el lenguaje, es uno de los centros de la “actitud cartesiana”. De hecho, y en palabras del mismo Anderson, esta creencia es una de las principales ideas que heredó el cognitismo Clásico y que le dio origen, resumido en la hipótesis de que las funciones centrales de la mente y del pensamiento pueden ser expresadas en términos de manipulación de símbolos de acuerdo a reglas explícitas.

Lo anterior nos aclara un poco la relevancia de un tema como este en el pensamiento occidental, y de cómo propuestas científicas han sido influidas por esta premisa, tanto en Ciencias Cognitivas como en Neurociencias. En este interesante resumen de Freeman podemos encontrar las raíces de la decisión que tomó el pensamiento occidental al privilegiar la idea de una sustancia mental incorpórea por sobre la sustancia corpórea. Es a partir de esta historia que los partidarios de las Teorías Alternativas y sobre todo corporalizadas de la cognición nos invitan a poner en duda esta premisa epistemológica y dar un giro en 180 grados en torno a la misma, abandonando la *actitud cartesiana* para comprender los fenómenos cognitivos tomando al cuerpo de aquellos seres biológicos que presentan cognición como el punto de partida de nuestra investigación. Este giro es uno de los pilares

fundamentales para poder entender y desarrollar las teorías corporalizadas, y uno de los aspectos que el lector deberá mantener en mente al revisar la presente tesis.

2.3. Estado actual de las Teorías Corporalizadas de la Cognición

2.3.1. Corporalización simple vs. radical

Ya dentro de lo que ha sido la historia de la Ciencia Cognitiva moderna, Clark (1997; 1999a) clasifica los enfoques corporalizados en dos corrientes: la primera la denomina “*corporalización simple*”, caracterizada por un conjunto de investigaciones empíricas que tienen en común explorar los constreñimientos sobre una teoría de la autoorganización y el procesamiento cognitivo. Estas investigaciones intentan dar cuenta de representaciones internas, transformaciones computacionales y estructuras abstractas de datos en un contexto distinto de las ideas cognitivistas clásicas, un contexto dinámico y corporalizado (Barsalou, 1999a; 1999b; Chwilla, Kolk & Vissers, 2007).

El segundo tipo lo denomina “*corporalización radical*”, representada por autores como Varela (1979, 2000; Varela & Thompson, 2001; Varela et al. 1993; 1992); Thelen et al. (2001), Van Gelder (1997; 1998; 1999) y Kelso (1995; 2003), entre otros. Estos enfoques siguen, al menos, alguno de las siguientes premisas: a) El entendimiento de la interacción compleja entre cerebro, cuerpo y mundo requiere de herramientas analíticas englobadas por las teorías de los sistemas dinámicos. b) Las nociones tradicionales de representación interna y computación son inadecuadas e innecesarias. c) La descomposición de los sistemas cognitivos en una variedad de subsistemas neurales y funcionales esta equivocada, y nos impide ver la posibilidad de un análisis alternativo y más explicativo, que va más allá de la tradicional división mente – cuerpo – mundo. Adicional a lo anterior, emerge potentemente la idea de que el objeto de estudio debe ser repensado, ya que para lograr una Ciencia Cognitiva madura, es necesario enfocarse no solo en la organización interna e inteligente del individuo, sino en la organización corporalizada y extendida en el ambiente, producto de su éxito adaptativo (Clark, 1997; 1999a).

2.3.2. Inteligencia Cambriana vs. Neolítica

Anderson (2003), por su parte, ubica como un aporte relevante en el surgimiento de las ideas corporalizadas, las ideas de Rodney Brooks (comentadas en el capítulo anterior) en el contexto de la Inteligencia Artificial, con su concepto de *inteligencia físicamente fundada*, o "*inteligencia cambriana*". Lo anterior se basa en la idea de que ningún sistema de Inteligencia Artificial, ni menos una teoría que dé cuenta de la cognición humana, puede funcionar si no tiene los recursos para fundar, enraizar² sus representaciones. Por ejemplo, argumenta Anderson, '*enraizar*' el símbolo de '*silla*' implica contar con un sistema humano de capacidades perceptuales y conductuales apropiadas. Por lo tanto, es necesario que además de la capacidad para detectar sillas, el sistema humano desenvuelva las reacciones apropiadas ante estas, lo cual está directamente relacionado con capacidades físicas y experiencias relacionadas con sentarse. Merleau Ponty resume, en palabras de Anderson, muy bien este aspecto: la percepción y la representación siempre ocurren en el contexto de, y son estructuradas por, el agente corporalizado en el curso de su fluido compromiso directo con el mundo. Las representaciones serían entonces '*sublimaciones*' de la experiencia corporal, y el control de esas sublimaciones es guiada por el cuerpo actuante por sí mismo, por un '*yo puedo*' y no por un '*yo pienso*' (Borghini, 2005; Carlson & Kenny, 2005; Prinz, 2005; Glenberg, Havas, Becker, & Rinck, 2005; Zwaan & Madden, 2005).

Para Anderson, está claro que las representaciones al estilo cognitivista clásico, basadas en símbolos y la relación entre estos basándose en reglas, es una aproximación que presenta demasiados problemas. Sin embargo, esto no implica necesariamente negar que existan ciertas capacidades '*altas*', presentes especialmente en humanos. Destaca que Brooks propone (quizás indirectamente) que las representaciones pueden ser entendidas en otro contexto: conectadas con facultades inferiores, directamente relacionadas con la dinámica de las acciones del sistema cognitivo en su ambiente. Por lo tanto Anderson no rechaza completamente la noción de representación, y parece entenderla de una forma distinta a la noción tradicional, pues explica que la "*representacionfobia*" de la mayoría de los teóricos de la corporalización lleva a dejar de lado el sentido útil de algunas de las observaciones

² "*Grounding cognition*" y "*symbol grounding*" en el original.

del computacionalismo. Lo que habría que hacer con las representaciones, por lo tanto, es cambiar totalmente su sentido:

“Si la cognición corporalizada está en el buen camino (...) sus representaciones deben ser altamente selectivas, relacionadas con sus propósitos eventuales, y físicamente enraizadas. Esto sugiere fuertemente que una facultad de representación” – coherente con las ideas corporalizadas – “debe estar ligada y constreñida por facultades bajas” – bottom up – “que gobiernan aspectos como actuar y moverse en un ambiente dinámico, sin cuestionar la aseveración de que un agente complejo requiere tanto facultades reactivas como deliberativas”

(Anderson, 2003, p.100)

Como ejemplo de las exigencias de esta nueva idea de representación, Anderson comenta los trabajos de Lakoff y Johnson en su libro “Philosophy in the flesh” (1999), basándose en sus largas investigaciones en torno a las metáforas conceptuales (Lakoff, 1993; Gibbs, 2005). Utiliza un ejemplo simple, que muestra cómo es fácil rastrearle sus bases corporalizadas a cualquier frase con un alto contenido representacional abstracto e incluso valórico. Al analizar la metáfora “*los propósitos son destinos*” encontramos un objetivo, puesto frente a nosotros (los propósitos como destinos de llegada), y nos imaginamos empleando estrategias para llegar a ese destino, de la misma forma en que planificaríamos un viaje a un lugar físico y espacio temporalmente determinado. Lo anterior implica que en este caso en particular la idea abstracta de ‘*propósitos*’, está directamente relacionada con nuestra idea de espacio.

Luego de todo este recorrido a través de los textos de Brooks y Lakoff y Johnson, Anderson arguye que es necesario para entender la cognición humana ir más allá del concepto de ‘*inteligencia cambriana*’ del primero, y propone el término de ‘*inteligencia neolítica*’. Ambos conceptos intentan abarcar los variados elementos que participan en la cognición humana, tomando en cuenta por ejemplo las características físicas, las habilidades y la situación en la que está inserto el agente. Pero para el autor, *inteligencia neolítica* hace la diferencia entre ambos, ya que en el caso humano la inteligencia no sería sólo resultado de sus habilidades para estructurar pensamientos a partir del ambiente, sino que implica la capacidad de poseer y manejar representaciones internas de la forma explicada en la cita anterior de Anderson.

Además, otra diferencia entre ambos tipos de inteligencia es la riqueza marcada del ambiente en el cual los humanos se desempeñan y que los organismos

con *inteligencia cambriana* (vertebrados e invertebrados inferiores, insectos y otros seres simples) no son capaces de desplegar. Las instituciones y prácticas permanentes de la sociedad humana darían soporte a los altos niveles de cognición, en lo que en Psicología y en Cognición Distribuida se denominan *andamios*. Estas estructuras sociales incluyen, por ejemplo, el lenguaje, oral y escrito, y representaciones gráficas como los mapas, los signos de la carretera, entre otros. Los andamios nos permiten reducir problemas complejos a series de problemas simples, englobando no sólo a los sistemas simbólicos, sino también estructuras sociales (por ejemplo, las directrices para jugar fútbol y para distribuir a los jugadores en la cancha). En conclusión, esto diferencia la inteligencia cambriana de la neolítica. Esta última da más luces de cómo funcionaría la cognición humana, y establece un factor esencial para la diferencia entre los robots situados (cuya inteligencia puede ser comparada con insectos o animales inferiores) y los agentes cognitivos superiores: la presencia de una fuerte e influyente interacción sociocultural.

2.3.3. Concepto de corporalización.

Quick et al. (1999, en Riegler, 2002) intentan formalizar el concepto de corporalización de la siguiente manera: Un sistema X esta corporalizado en un ambiente E si a cada tiempo t en el cual X y E existen, algún subconjunto de posibles estados del ambiente E (E') puede perturbar el estado X, generando X' , y algún conjunto de los estados posibles de X (X') puede perturbar el estado de E. Por lo tanto “un sistema está corporalizado si ha logrado ser exitoso dentro de un ambiente en el cual se ha desarrollado” (Riegler, 2002, p. 347), pudiendo ser un ambiente real o simulado en un ordenador. Sin embargo, consideramos este planteamiento como erróneo porque plantear que un organismo virtual simulado en un software está corporalizado, carece de dos elementos relevantes: primero, se trataría de un organismo virtual que no evolucionó en un ambiente real, ya que está constituido por una serie de algoritmos y comandos preestablecidos por un científico, por lo cual ese sistema hará lo que el científico ha programado que haga. Segundo, aún no ha sido posible simular en un computador todas las variables ambientales implicadas en la existencia de un ser vivo. Incluso si se lograra lo anterior, simplemente el organismo no tiene existencia real en el mundo: solo es posible acceder a él y a su ambiente *al encender una máquina*, y al apagarla, este mundo y el organismo virtual desaparecen.

Viendo esto, los ejemplos y las hipótesis de Cosmelli y Thompson (2007) pueden ayudarnos a graficar mejor las implicancias de la corporalización. Los autores analizan el ejemplo de *“el cerebro en una cubeta”*, en donde debemos imaginarnos que los neurocientistas y bioingenieros logran en algún futuro no tan lejano extraer un cerebro y ponerlo en una cuba con todos los nutrientes necesarios para que subsista, y lograr que permanezca vivo y funcionando durante un tiempo indefinido. Metáforas como esta poseen subyacente la idea de que un cerebro trabajando adecuadamente no solo es necesario, sino suficiente en si mismo para la implementación de nuestra vida subjetiva, noción que inspira a muchos neurocientistas y se relaciona indirectamente pero de forma potente con las ideas de la cognición Clásica y su individualismo metodológico: dado que el conocimiento que cualquier humano posee se ubicaría sólo en el cerebro para estos enfoques, es imaginable entonces que esos procesos pueden ocurrir en la ausencia de nuestro cuerpo, y que esta ausencia no tenga ningún efecto en nuestra experiencia subjetiva. Lo anterior, afirman los autores, sobrelleva la hipótesis de que la actividad cognitiva tiene solo una perspectiva unidireccional, y ve al cerebro como una maquina reflexiva cuya actividad es externamente controlable (Cosmelli & Thompson, 2007; Varela, 1979). Sin embargo, existe mucha investigación sobre el sistema nervioso que, al contrario de estas nociones, explican su funcionamiento como un sistema autoorganizado complejo y dinámico que se relaciona muy de cerca con el cuerpo en distintos niveles. Entre los hallazgos que mencionan los autores, tenemos que la actividad cerebral es generada endógenamente y de forma espontánea, necesita recursos masivos y procesos regulatorios a partir del resto del cuerpo, tanto en su desarrollo como en su funcionamiento maduro, y estos procesos necesitan una mantención y coordinación constante de tipo sensoriomotriz, con el mundo exterior. Dado lo anterior, proponen una nueva tesis para la idea del cerebro en la cubeta: “una ‘cubeta’ realmente funcional tendría que ser un cuerpo sustituto sujeto al control del cerebro”, entendiendo por cuerpo un “sistema autoregulatorio, que implique sus propios procesos internos homeodinámicos, y capaz de poseer una interacción sensoriomotora con el mundo. En resumen, esta ‘cubeta’ no seria una cubeta, sino más bien un agente autónomo corporalizado” (Cosmelli & Thompson, 2007, p. 5)

En resumen, tomando en cuenta todo lo anterior estamos de acuerdo con Kortmann (2001), quien plantea que la ciencia Cognitiva Corporalizada estudia “cómo *agentes* completos enfrentan los desafíos de sus ambientes”. Agentes completos son

considerados tanto maquinas como animales, que poseen un cuerpo que está situado en un ambiente real (Varela et al., 1992), por lo tanto perciben este ambiente sólo a través de sus propios sensores, y tienen características como autonomía, autosuficiencia y adaptabilidad (Clancey, 1997, en Kortmann, 2001). Estas serán las ideas desde el punto de vista de la Ciencia Cognitiva que guiarán nuestra propuesta sobre el problema de la unidad de análisis cognitivo y del agente.

2.4. Los problemas de la Cognición Corporalizada: las 6 tesis de Wilson

Una vez expuesto lo que hemos encontrado en la literatura respecto a la corporalización o *embodiment*, para tener una visión general es necesario incorporar las voces que discuten las implicancias y preguntas sin respuesta de este enfoque, especialmente de sus versiones extremas. Margareth Wilson (2002) recoge algunas de las premisas expuestas en el apartado anterior, y pone especial atención al problema del agente, problema que abordaremos en profundidad en el capítulo III. Este paper contiene 6 tesis para la cognición corporalizada, las cuales son analizadas con sus pros y contras, y es una buena herramienta para entender los desafíos a los que se enfrentan las ideas cognitivas alternativas y corporalizadas para convertirse en una teoría madura. A continuación, iremos exponiendo el análisis de Wilson para cada tesis.

2.4.1. Primera tesis

“La cognición es situada, es decir se despliega en un mundo real que cambia con el tiempo y que impulsa al organismo a adaptarse para sobrevivir”.

Wilson considera que efectivamente la cognición tendría que girar en torno a metas del ambiente, a la luz de los hallazgos en Biología, Robótica, Psicología del desarrollo, entre otros (Brooks, 1991; Steels & Brooks, 1995, en Wilson 2002; Pfeifer & Scheier, 1999, en Wilson 2002; Chiel & Beer, 1997). Sin embargo, ante una definición básica como esta es claro que muchos fenómenos cognitivos quedan afuera, específicamente cualquier proceso cognitivo que se realice *“off line”*, es decir, en ausencia de inputs y outputs relevantes, como por ejemplo recordar el pasado, hacer proyecciones al futuro y construir representaciones de cosas que nunca hemos experimentado. Wilson y Anderson arguyen que varios argumentos que defiende la

cognición situada no son totalmente ciertos o no han reunido suficiente evidencia. Por un lado, Anderson (2003) destaca que ante las hipótesis de estos teóricos, las personas que tienen incapacidades físicas tendrían una capacidad limitada o distinta para adquirir conceptos y manipularlos. Si adquirir lenguaje y conceptos esta relacionado o depende de habilidades específicas que deben poseer los agentes situados o corporalizados, tendrían que haber diferencias detectables e importantes en el repertorio conceptual de individuos inválidos, y hasta ahora esas diferencias no se han encontrado. Wilson, por su parte, agrega que para apoyar esta primera tesis se suele recurrir a la imagen de nuestros ancestros homínidos interactuando con su ambiente, creando herramientas como arcos y flechas para cazar animales peligrosos y alimentarse de ellos. Para Wilson, esta imagen exagera las habilidades situadas u “*on line*” en los humanos tempranos, ya que la imagen de estos cazando y usando sus habilidades situadas para obtener comida no tiene suficiente evidencia arqueológica. De Waal (2001, en Wilson, 2002) y Leaky (1994, en Wilson, 2002) muestran que en primates actuales y en homínidos pre humanos, la mayoría de las calorías era obtenida de frutos y vallas provenientes de una compleja actividad de recolección. Para la autora la recolección de alimentos necesitaría una mayor cantidad de capacidades “*off line*”, como recordar los terrenos fértiles donde era posible encontrar mejores frutos, y coordinar a los equipos de recolectores en una tribu. Incluso para cazar, defenderse de animales, y al desarrollar complejas series de herramientas, los primeros humanos necesitaban estas habilidades *off line*, lejanas a la imagen evolutiva del hombre que defienden los cognitivistas situados. Wilson agrega una serie de usos del lenguaje en los primeros humanos que no necesariamente funcionan bajo la premisa de las hipótesis situadas, como aprender las recomendaciones de los padres acerca de conductas potencialmente peligrosas, mantener en la mente instrucciones acerca de materiales y modos de construir herramientas complejas, y comprender los rumores acerca de miembros de la jerarquía de la sociedad en la cual se está inserto, que no están presentes. Por esta razón, la primera tesis sería sólo parcialmente verdadera.

2.4.2. Segunda tesis

“La cognición esta determinada por el tiempo, que es un aspecto esencial de la interacción estrecha con un ambiente en el cual este pasa inexorablemente”.

En la 2ª tesis, la autora dice que la cognición esta determinada por el tiempo real, con la idea de desacreditar las ideas de los representacionistas para los cuales el tiempo y la presión de este era secundaria. Este argumento sería cierto para la autora, ya que se ha observado en diversas situaciones en animales y robots situados la importancia de que una interacción con el ambiente se de en el tiempo preciso. Uno de los aspectos por los cuales es importante el funcionamiento en tiempo real, es salvar lo que se entiende como “cuello de botella representacional”, que consiste en que cuando una situación demanda respuestas rápidas y continuas, resulta demasiado demorado hacer un modelo mental de tipo representacional del cual derivar un plan de acción. Este tipo de situaciones implican la necesidad de respuestas rápidas y se necesitan trucos eficientes para responder adecuadamente a las exigencias del ambiente (como muestra Kirsh y Maglio con su investigación sobre el juego tetris). La fuerza de esta idea se ve ratificada por que los sistemas cognitivos, como el humano, fácilmente logran sortear este cuello de botella en situaciones de presión temporal, por lo tanto su funcionamiento está organizado *en el tiempo*.

Sin embargo, Wilson plantea que esta segunda afirmación no esta definitivamente comprobada. Muchas actividades, desde hacer un puzle hasta hacer un sándwich, no tienen necesariamente la presión del tiempo. Estas actividades cotidianas sin presión del tiempo serían mayoría, y aquellas en las que se está presionado por este podrían resultar ser pocas y excepcionales (como jugar video juegos o cambiar de pista en una carretera al conducir un auto).

2.4.3. Tercera tesis:

“Descargamos mucho del contenido cognitivo en el ambiente, debido a que nuestra capacidad cognitiva como entes individuales es limitada”.

La tercera tesis, señala que descargamos trabajo cognitivo en el ambiente de dos formas: la primera, confiar en representaciones adquiridas previamente en el aprendizaje del individuo (lo cual se discutirá en la 6ª tesis de Wilson), y la segunda es reducir la carga de trabajo cognitiva usando el ambiente de forma estratégica, dejando información en el mundo fácil de acceder cuando sea necesario, y realizando las “*acciones epistémicas*” (comentadas ya en el capítulo I) en vez de tener que repensar los elementos de la tarea una y otra vez (Kirsh & Maglio, 1994; Clark & Chalmers, 1998).

Aún así, los estudios que analizan el fenómeno de descarga en el ambiente investigan en mayor medida tareas espaciales (como recorrer varias veces una sala para decidir donde poner muebles nuevos), y son pocos los que se enfocan en tareas más abstractas. Ante este problema, Wilson propone una “*descarga simbólica en el ambiente*” (“symbolic off loading”) en la que esta táctica no solo se produce con tareas espaciales, sino que pueden ser aplicadas a tareas más abstractas, como por ejemplo usar diagramas de flujo, o diagramas de Venn para determinar relaciones lógicas entre categorías.

2.4.4. Cuarta tesis:

“El ambiente es parte del sistema cognitivo, es decir que la información fluye entre cuerpo y ambiente de forma tan robusta e inseparable, que enfocarse en la mente individual no es una unidad de análisis válida.

Esta afirmación será tratada en profundidad en el próximo capítulo.

2.4.5. Quinta tesis:

“La cognición es para la acción, es decir que la función evolutivamente determinada de la cognición es guiar las acciones del cuerpo”.

Wilson dice que mucha de la información generada por los teóricos de la cognición corporalizada plantea que los mecanismos cognitivos se desarrollan y funcionan en torno a su utilidad para generar actividades adaptativas. Por ejemplo, la corteza visual, según Churchland, Ramachandran y Sejnowski (1994) tiene directa relación con la corteza motora, y la memoria, según otros estudios (Glenberg, 1997) ha evolucionado en directa relación con la percepción y la acción en un ambiente tridimensional.

Por ejemplo, está el descubrimiento de los sistemas de haces ventrales y dorsales en el contexto del funcionamiento del sistema visual, que manejan información de este tipo y la distribuyen a través de la corteza (Goodale & Milner, 1992, Gazzaniga, Ivry & Mangun, 1998). Se sabe que el haz dorsal es el encargado de procesar el “donde” se encuentra el input visual y el ventral el “qué” es el input visual. Wilson agrega que con el tiempo, el haz dorsal que conduciría las señales para entender “donde” es más para entender “como”, y la función propuesta para este haz es servir a las acciones visualmente guiadas relacionadas con alcanzar y tomar algo

(Jeannerod, 1997 en Wilson, 2002). Otro enfoque ha sido el de Glenberg (1997), quien ha investigado en torno a la memoria. Critica el enfoque tradicional que ve esta como una función para almacenar información abstracta, siendo que en realidad codificaría patrones de posible interacción física o acción con un mundo tridimensional (p.1). A partir de este cambio Glenberg explica una variedad de fenómenos relacionados con la memoria en términos de patrones sensorio motrices, y además nos permite entender que muchos fenómenos mnémicos son almacenados en torno a su relevancia funcional.

La pregunta que se hace Wilson, y que la hace considerar esta hipótesis como parcialmente verdadera, es hasta donde nos puede llevar esta tesis de que la cognición es para la acción, y hasta qué punto podemos prescindir de las representaciones mentales. Hay eventos visuales que no tienen directa relación con una acción directa o manipulativa sobre lo observado, como por ejemplo apreciar una puesta de sol o imaginar cómo es un planeta. Además, hay inputs visuales que pueden ser reconocidos por otras características, y no necesariamente por señales motoras o perceptuales, como, según Wilson, las caras de las personas que conocemos, o al distinguir un caballo de un perro. Y tercero, al leer reconocemos patrones (letras), los que no tenemos ninguna oportunidad de manipular a través del sistema motor.

Wilson finalmente concluye que lo más probable es que la cognición sea para la acción, y que surgió a partir de la necesidad de los organismos humanos de adaptarse a un medio ambiente cambiante, pero lo que ella critica es que se afirme que las conexiones de la cognición con la acción son exclusivamente directas. La relación entre ambos fenómenos estaría mediada por estrategias indirectas, sofisticadas y flexibles, relacionadas más con algún estilo de representación.

2.4.6. Sexta tesis:

“La cognición que subyace al procesamiento consciente (u “off line”) está enraizada en el cuerpo. Incluso aunque el organismo humano esté desconectado del ambiente, la cognición “off line” ha evolucionado junto con la evolución biológica, lo cual implica que existe una unión indivisible entre el procesamiento cognitivo, el cuerpo y el ambiente”.

En la sexta tesis, Wilson parte tomando el ejemplo de contar con los dedos. Plantea que para un observador externo, esta actividad puede parecer un mero tic, un movimiento rítmico sin sentido. Pero si pensamos que adicionalmente existe una

actividad interna, “*mental*”, la cosa cambia, ya que las estructuras mentales que surgieron a partir de actividad sensorio motora directa (contar con los dedos) de uno u otro modo pueden funcionar “*off line*”, desconectadas de sus inputs y outputs físicos que fueron su propósito original, para asistir en tareas cognitivas del pensamiento y el conocimiento, pudiendo contar mentalmente sin ocupar los dedos . Por lo tanto, en el primate humano la función de estos recursos sensorio motores con el transcurso de la evolución terminó siendo útil para *simular* algún aspecto del mundo físico, pudiendo extraer inferencias y trabajar con estas de forma abstracta sin que sea necesaria la presencia del input específico.

Para la autora este tipo de *representación corporalmente fundada* ha recibido muy poca atención, y existirían variadas actividades mentales de similares características, como la imaginería mental (Farah, 1995; Kosslyn, Pascual-Leone, Felician, & Camposano, 1999), memoria de trabajo (Baddeley & Hitch 1974; Wilson & Emmorey, 1997; 1998), memoria episódica e implícita (Cohen, Eichenbaum, Deacedo & Corkin, 1985; Schneider, & Shiffrin, 1977; Shiffrin, & Schneider, 1977), y razonamiento y resolución de problemas (Kaschak & Glenberg, 2000), entre otras. También son significativos los hallazgos que Wilson reporta acerca de nuevos lineamientos para entender la lingüística, cuyo origen estaría fuertemente relacionado con procesamiento sensorimotor. De acuerdo a esto, y a lo que Lakoff y Johnson (1999) arguyen, los conceptos mentales son profundamente metafóricos, basados en un tipo de modelamiento de segundo orden del mundo físico basado en analogías entre dominios abstractos y otros más concretos y situados.

En definitiva, su propuesta deja de ser radicalmente corporalizada por que con los fenómenos cognitivos *off line* acepta la existencia de representaciones, cosa que teóricos más radicales como Varela, Thelen y Smith o Van Gelder (Clark, 1997) niegan rotundamente. Con lo anterior, acepta también la existencia y la importancia de estos fenómenos, cuya principal característica es aparecer en instancias en las cuales el sistema está desconectado de sus inputs y outputs. Incluso, la imaginería o la creatividad serían fenómenos en los cuales los elementos sensoriales estarían a disposición de “*simular*” una situación. Por lo tanto, a pesar de los aciertos de las Teorías Alternativas, persiste la necesidad de entender los fenómenos enlistados por la autora, lo que plantea un duro desafío a la nueva generación de ideas sobre la cognición, sobre todo si esta se basa en las propuestas alternativas y corporalizadas.

2.5. Conclusiones

Luego de este largo recorrido por las teorías alternativas más predominantes, y en especial por las ideas corporalizadas, es posible hacer un resumen de los principios, constreñimientos y hallazgos más relevantes surgidos gracias a este cambio de enfoque, que nos ayudarán a comprender la argumentación sobre la naturalización de las unidades de análisis en cognición, intención de la presente tesis.

Las implicancias enumeradas a continuación proporcionan un resumen de los principales supuestos que hemos deducido subyacen a la mayoría de las tesis alternativas de la cognición. Sin embargo es necesario advertir que estas conclusiones no necesariamente representan el pensar *exacto* de cada uno de sus teóricos.

2.5.1. Ontológicas, metodológicas y epistemológicas

a.) Abolición del límite cuerpo - mente: Las Teorías Alternativas de la Cognición se sitúan, algunas directa y otras indirectamente, en oposición a la tradicional división entre cuerpo mente que caracteriza a la cultura occidental y a la ciencia en general, heredada de la tradición Platónica en la Grecia antigua, profundizada por la tradición cristiana medieval, cristalizada por Descartes y los racionalistas del s. XV y XVI, e introducida en las discusiones sobre cognición por los partidarios de la Cognición Clásica y la Inteligencia Artificial tradicional (Haugeland, 1997; Anderson, 2003). Por lo tanto cuerpo y mente son dos dominios con una interacción continua, y en la naturaleza funcionan como unidad en los seres vivos.

Este aspecto es central para un enfoque corporalizado de la cognición, y será relevante para delimitar la unidad de análisis de la misma como un continuo entre cuerpo y mente.

b.) La cognición como un fenómeno natural: Otra premisa esencial para entender la cognición alternativa y especialmente corporalizada, es que dejamos de ver el estudio de la cognición como un fenómeno ajeno a las leyes naturales de la física, de la química y de la biología, y dejamos de lado aquella premisa impuesta por Shannon (1948) que va en contra de las leyes de la termodinámica, planteando que la información no necesita conservarse por que su modelo teórico permite tanto la pérdida como la creación de información. También deja afuera la idea de orígenes

cartesianos y platónicos sobre la posibilidad de existencia de una sustancia inmaterial como receptáculo de ideas y contenido mental (Freeman, 2007).

Con esto no se niega los avances que ha permitido las teorías cognitivas y de la información tradicionales, sino que estamos comenzando a dejar de lado la asignación de capacidades estructurales, funcionales o causales a los conceptos léxicos y a los símbolos como la única alternativa para tener una teoría de la mente coherente. En su reemplazo, se proponen principios fisicoquímicos y biológicos (moleculares y dinámicos) conocidos y por investigar, tal como intentaremos hacerlo en el capítulo IV y V de la presente tesis.

c.) La cognición como un fenómeno empírico: La materialidad de la cognición, al menos como se ve desde las Teorías Alternativas, va más allá de la '*fisicalidad*' que poseerían los sistemas de símbolos físicos, argumentada por los teóricos computacionalistas (Newell & Simon, 1997, Newell, 1980). Al aceptar que la cognición se rige por leyes naturales, aceptamos que es un fenómeno con presencia espacio temporal, es decir, es un fenómeno constituido por variables medibles a través de instrumentos, y aceptamos a su vez que la mente humana es un fenómeno empírico, comprobable a través de la experimentación directa con individuos con capacidades mentales. Un ejemplo de este ánimo son la gran cantidad de investigaciones basadas en las tecnologías que actualmente se utilizan para medir actividad cerebral (Gazzaniga et al. 1998; Posner & Raichle, 1999), que muestran que es posible en alguna medida dar cuenta de fenómenos cognitivos tratándolos como fenómenos empíricos, tarea que claramente con el pasar de las décadas será más fácil gracias a los avances en las tecnologías neurológicas.

d.) Evolución temporal: Este aspecto no deja de ser esencial para los enfoques alternativos y corporalizados de la cognición, y proporciona ciertos constreñimientos y principios que no pueden ser soslayados. El primero de estos principios, es que en cognición, los científicos deben tomar en cuenta cómo el sistema cognitivo cambia, y establecer los estados y patrones que el sistema toma en este cambio. La ciencia cognitiva debe describir la estructura que manifiesta un sistema mientras sus procesos cognitivos *evolucionan temporalmente*. El segundo es que la cognición se da en un contexto en donde el tiempo constriñe. Los eventos a los cuales se debe enfrentar un sistema cognitivo ocurren en ciertos periodos de tiempo específicos y en cierto orden

situacional, por lo que una buena teoría de la cognición debe dar cuenta cómo es que el sistema logra desempeñarse con eficacia en este contexto.

e.) Sistemas dinámicos: Los sistemas cognitivos pueden ser vistos como sistemas dinámicos, gobernados por ecuaciones diferenciales. Lo anterior nos da herramientas matemáticas y conceptuales para entender la cognición de forma geométrica, en torno a la posición de un estado cognitivo respecto de otro estado o respecto a cualquier rasgo del sistema. Lo anterior, postula que más que una arquitectura, el funcionamiento cognitivo puede ser expresado en un “paisaje”, compuesto por estados y atractores (Van Gelder, 1997; 1998; 1999).

2.5.2. Biológicas

f.) Fundamento biológico y evolutivo de la cognición: Los sistemas cognitivos, incluidos los *humanos*, se rigen por las *leyes de la biología*, y/o por *principios fundados e inspirados en ellas*.

Una de las leyes de la biología, ampliamente aceptada por la comunidad científica, es la de la *evolución*, aspecto que incluye el tiempo en la constitución y origen de los seres vivos. Por lo tanto, el enfoque más apropiado para entender la cognición es *biológico evolutivo*, que analice el fenómeno cognitivo *desde sus orígenes* y proyecte este *en el tiempo*, tanto a nivel *filogenético* (evolución de la especie) como *ontogenético* (evolución de un individuo biológico).

Lo anterior aclara el hecho, a estas alturas obvio, de que la cognición se desarrolló *primero* en sistemas *biológicos simples*, llegando a su máxima expresión en los *seres humanos* y que es a partir de estas características de los humanos (su constitución biológica y sus capacidades cognitivas), que fue posible desarrollar *sistemas cognitivos artificiales (ordenadores, robots, etc)*. Por lo tanto es necesario dejar en claro *qué fue primero y qué fue después* en la línea de tiempo a través de la cual han evolucionado los sistemas cognitivos.

g.) Emergencia: Rechazo al reduccionismo eliminativista fisicalista: Los principios antes mencionados son distintos a las ideas reduccionistas o eliminativistas, que Paul Churchland ha representado de mejor manera, las cuales postulan reducir todo fenómeno cognitivo a la bioquímica neuronal (Churchland, 1985; 1981; Stich, 1999). Es sabido abundantemente que las neuronas hacen cosas *demasiado complejas*, para

afirmar que la cognición se reduce a una mera interconexión e intercambio neuroquímico entre axones y dendritas. Por lo tanto, creemos que existe un campo de investigación insuficientemente explorado en Biología, relacionado con las interacciones que se producen entre seres vivos (entre ellos las neuronas), que no es reducible a la fenomenología bioquímica, y que está regido por principios biológicos que están detrás de interacciones de tipo social y de comunicación entre seres vivos. En la tercera parte de esta tesis se comprenderá mejor esta propuesta.

Ya Varela (1979) nos advertía sobre el eliminativismo en el contexto de sus ideas en torno a la fenomenología de tipo biológico: “Cualquier sistema biológico *puede* ser tratado en términos de las propiedades de sus componentes actuales como sistema físico...” Sin embargo, “el análisis físico de los sistemas biológicos sigue siendo *física*... por lo tanto los aspectos específicos de cualquier explicación biológica están en (otro) nivel (...) y son necesariamente *no deducibles de la física*”. Si Varela habla aquí de una fenomenología biológica no deducible de la física, nuestra propuesta también emerge de un enfoque biológico, pero que se encarga de tratar un tipo de fenómeno específico en torno al cual la Biología da sus primeros pasos hacia su explicación: fenómenos cognitivos, sociales y comunicacionales en la naturaleza. Siguiendo la premisa de Varela, estos fenómenos cognitivos son de naturaleza biológica, y por lo mismo, no son reducibles a sus componentes físicos o bioquímicos.

h.) Complejidad como mecanismo explicativo de la cognición: Al aceptar que los sistemas cognitivos son fenómenos que se rigen por las leyes naturales, es necesario entender que estos no son fenómenos simples que obedezcan sólo a una causalidad lineal, característica de los sistemas físicos químicos y biológicos básicos. Los sistemas cognitivos *exhiben una causalidad compleja*, cuyo funcionamiento es actualmente mejor explicado por los *sistemas dinámicos*, y que caracteriza sobretodo a los sistemas biológicos superiores (a pesar que como es sabido, fenómenos explicables por sistemas dinámicos sobran también en física).

2.5.3. Ambientales: Ambiente físico

i.) Acoplamiento ambiental: En general, los sistemas cognitivos funcionan en directa relación y acople con el ambiente y no ante un input específico o ante las reglas lógicas. Esto implica que el procesamiento cognitivo ocurre en un continuo fluir, que no comienza (input) ni termina (output) en ningún momento.

j.) Operatividad cognitiva en el ambiente físico: Esta interacción estrecha con el ambiente no consiste solamente en una interacción fisiológica, concentrada en procesos biológicos como el de respiración, excreción y alimentación. Usamos nuestras capacidades, que con el pasar del tiempo se hicieron cada vez más eficientes, para *manipular* el ambiente a nuestro favor. Por lo tanto, el comportamiento inteligente de los humanos está orientado a adaptarse a su ambiente y a sacar provecho de este modificándolo, tanto desde el punto de vista filogenético como ontogenético, de forma que estas modificaciones a su vez, influyen en nuestra forma de ver el mundo físico. Como demostración de estas modificaciones, pueden mencionarse brevemente muchos elementos que constituyen nuestra civilización actual: construcción de ciudades, de carreteras, de lugares donde acopiar conocimiento, y un largo etcétera.

k.) Extensión de la cognición al ambiente físico (acción epistémica): Una de las formas de adaptarnos, es que descargamos, como humanos, información en nuestro ambiente, de forma de facilitar el procesamiento de la misma. Esto propone que no toda la información que manejamos debe estar necesariamente contenida en nuestros procesos internos de memoria, percepción y sensación, sino que está contenida en ciertas claves externas, lingüísticas o no lingüísticas, que generamos utilizando nuestros cuerpos y habilidades y las herramientas culturales que nos proporciona nuestro ambiente social (lenguaje y escritura) (Clark & Chalmers, 1998; Hollan et al. 2000; Hutchins, 1995a; 1995b). Esta idea, también es interesante para solucionar el cuello de botella de información del que la cognición clásica no ha podido dar cuenta (Wilson, 2002).

l.) Acoplamiento corporal con el ambiente físico: Tomando en cuenta todo lo anterior, entonces, la mente *debe estar corporalizada* (Hollan et al. 2000), o enraizada en los procesos corporales (*physical grounding*), por que es a través de nuestro cuerpo, y no solo de nuestra capacidad de comunicación lógico simbólica, que podamos establecer relaciones con el ambiente físico y con otros individuos y grupos de individuos. Por lo tanto la articulación de cualquier fenómeno al que denominamos mente posee una relación directa con cómo el cuerpo interactúa con el ambiente, siendo esta interacción un acople constante que modifica tanto el ambiente como el mismo cuerpo.

2.5.4. Ambientales: Ambiente socio cultural

m.) Andamios socioculturales: Una de las formas de descargar información en el ambiente es a través de “andamios” socioculturales, entre los cuales se puede incluir una receta para hacer un pastel, hasta el lenguaje y la escritura. De esta forma podemos interactuar con otros individuos y descargar información que si permaneciera en nuestra mente haría colapsar nuestro sistema (como por ejemplo, pedirle a alguien que nos recuerde sobre una reunión importante, de manera de *despreocuparnos* de esta y poder concentrarnos en otro trabajo complejo).

n.) Situación de las interacciones lógico simbólicas en el acoplamiento con el ambiente social: El aprendizaje, se daría a partir de estos andamios culturales diversos, interactuando con los individuos, como ya dijimos, compuestos por interacciones sociales, usos culturales, y entre ellas *comunicación lógico simbólica verbal y escrita*, o lenguaje.

o.) Lenguaje: del centro a la periferia: Si las capacidades lingüísticas *son solo parte de la cognición*, entonces pierden el *rol arquitectónico* que el cognitivismo clásico le había proporcionado. Lo que *hay en la cabeza* ya no es una arquitectura de símbolos y signos, cuyo funcionamiento y estructura proporcionaba *sustancia* a lo que denominamos *mente*.

p.) Arquitecturas cognitivas como producto sociocultural: En definitiva entonces, más que la idea de que *los símbolos y signos están en la cabeza*, es más útil pensar que estos *son herramientas culturales en las cuales el individuo descarga información* (Hutchins, 1995a), y que son la base para que se produzca la interrelación entre los individuos; la base, de la cognición distribuida y de la sociedad y la cultura.

q.) Interacción social y su aporte a la cognición: Tomando en cuenta lo visto hasta ahora, se abre la posibilidad de que la organización social humana podría ser una forma de sistema cognitivo, y algunos teóricos ya plantean que puede ser válido utilizar los conceptos y modelos de interacción social para aportar al entendimiento de lo qué esta pasando en la mente individual.

r.) Urgencia de solucionar el problema del agente cognitivo humano: La cognición distribuida, y la cognición extendida de Clark, ponen en el tapete de forma potente el problema de la agencia cognitiva, ya que plantean que la cognición se extiende al ambiente y a las herramientas que el ser humano usa. Es decir, partimos desde la idea de que la mente estaba constituida por una arquitectura abstracta de símbolos y reglas implementada en un sistema biológico humano (o en un computador) en donde el límite del agente cognitivo estaba, al menos, al interior del cuerpo del individuo, hasta afirmar que no hay agente cognitivo y que la única unidad de análisis de la Ciencia Cognitiva es el ser humano en interacción con el ambiente. Lo anterior, plantea la idea también de que el sistema social sería entonces un sistema cognitivo, y deja abierta la posibilidad de que debamos aceptar que incluso la conciencia y otras capacidades propias del ser humano, podrían extenderse al ambiente, hipótesis que requiere mayor investigación y sobre la cual hasta el momento se dispone de poca evidencia. Por lo tanto, se hace urgente solucionar este problema, ya que podemos caer en un externalismo radical para estudiar la cognición que dejaría fuera la noción de individuo, con todas las implicancias que esto puede tener a todo nivel, tal como Giere lo advierte (2004)

La urgencia de avanzar en solucionar el problema del agente, por lo tanto, radica en que la Cognición Distribuida avanza hacia proponer la eliminación del objeto de estudio tradicional de las Ciencias Cognitivas: el ser humano. El concepto de “sistema cognitivo” es un buen candidato para reemplazarlo, pero se debe tener cuidado de dejar nuevamente al ser humano fuera, ya que podríamos perder la oportunidad de estudiar científicamente la actividad cognitiva humana, cayendo en un eliminativismo mental que nos volvería a los tiempos del conductismo.

Capítulo III:

El problema de la agencia cognitiva

En este capítulo hemos decidido revisar en profundidad la 4ª tesis de Wilson, puesto que es un punto de inflexión que nos permitirá iniciar el análisis que vendrá en los capítulos siguientes. El objetivo es mostrar como este problema, que denominaremos “*de la agencia cognitiva*”, es un tópico mayor de las Ciencias Cognitivas, que requiere una reflexión profunda no realizada aún bajo una mirada científica, y que genera otros problemas relevantes para esta ciencia, como por ejemplo, establecer claramente su unidad de análisis. Si eliminamos totalmente al agente cognitivo, ¿cuál es nuestro objeto de estudio? Ante esta pregunta tenemos dos salidas: buscar en otras entidades la unidad de análisis de la Ciencia Cognitiva sin dejar de lado al agente, o simplemente eliminar al agente. Como veremos a lo largo de esta tesis, hemos elegido la primera opción.

3.1. La 4ª tesis de Wilson y sus implicancias

Como vimos, la cuarta tesis dice “*El ambiente es parte del sistema cognitivo*”, es decir, la información fluye entre cuerpo y ambiente de forma tan robusta e inseparable, que enfocarse en la mente individual no es una unidad de análisis válida. La actividad mental o cognitiva estaría distribuida en toda la situación en la que el individuo está inmerso, incluyendo el cuerpo y el ambiente, por lo tanto para entender la cognición es necesario estudiar todos estos actores. Según Wilson, aún pocos teóricos sostienen esta idea en su forma más estricta, pero mucho de este enfoque permea la literatura sobre la cognición alternativa.

Para Wilson, la primera parte de este argumento es trivialmente verdadera: Las causas del comportamiento (y por ende la causa de eventos cognitivos como los pensamientos) están probablemente distribuidas entre el ambiente y la mente. Pero el hecho de que las causas del comportamiento estén distribuidas entre la mente y el ambiente no implicaría necesariamente que tengamos que estudiar sólo esta relación como unidad de análisis y llegar a la afirmación extrema de que no existe, entonces, agente. A esto le denominaremos tesis de la ***cognición distribuida radical***

(planteamientos como esos son los que Giere (2004) rebate, planteando que autores como Knorr Cetina (1999) y Latour (1996; Latour & Woolgar, 1986) e incluso Hutchins, en algunas conferencias, estarían planteando.

Con un análisis como la propuesta radical de la dilución del agente, afirma la autora, no se logra describir y explicar en su totalidad las características y mecanismos detrás del fenómeno cognitivo. Para ejemplificar, plantea que la ciencia al analizar un fenómeno no solo busca describir y explicar la conducta y las relaciones entre sus componentes, sino que también se aboca a describir y explicar el funcionamiento de estos componentes, su estructura y organización. Un ejemplo es el estudio del hidrógeno, del cual se sabía su comportamiento desde antes que se conociera la estructura del átomo y de las interacciones entre electrones, neutrones y protones. Sin embargo, fue desde que se clarificó esto último que se entendió realmente la naturaleza del hidrógeno e hicieron sentido todas las observaciones previas. El objetivo de este ejemplo, es mostrar que *nunca hubiésemos tenido un acercamiento real a lo que es el hidrógeno si sólo lo hubiésemos seguido analizando relacionado con otros elementos*. Esta observación es muy relevante para la presente tesis, y rogamos al lector mantenerla en mente para los futuros análisis.

3.1.1. Los orígenes del problema: Individualismo Metodológico

En el contexto de la Ciencia Cognitiva, creemos que el problema de la agencia cognitiva parte desde los principios metodológicos y epistemológicos del Representacionalismo o Computacionalismo, que como ya hemos comentado, delimitó su objeto de estudio bajo la máxima del *individualismo metodológico* (Fodor, 1980) y se dedicó exclusivamente a investigar en torno a este. Delimitar claramente este objeto de estudio, es una de las ventajas de las Teorías Computacionalistas que no ha podido ser salvada por las Teorías Alternativas y Corporalizadas, lo cual es tiempo de cambiar.

En general, al individualismo se le denomina “internalismo”, (Van Gulik, 1989, en Wilson, 1999). El individualismo dentro de la tradición psicológica plantea la idea de que existe una distinción clara entre los estados psicológicos de los individuos, y el sustrato físico o el contexto social en el cual están insertos, sin negar que ambos factores sean importantes dentro de los mismos. Estos factores solamente tendrían el rol de sostener estos procesos, no de “*ser*” estos procesos.

Sin embargo, el concepto de individualismo no solo se queda en estas distinciones simples, y va más allá de plantear que los procesos mentales y psicológicos están “en la mente” (Wilson, 1999). En específico, el individualismo metodológico, un concepto que originalmente Putnam denominó *solipsismo metodológico* (1975, en Wilson, 1999), dice que debemos establecer un límite en el momento en que decidimos explorar el vasto mundo de la cognición. Este enfoque identifica este límite con la mente: es decir, no nos interesará para hacer ciencia cognitiva ni el ambiente, ni los inputs ni los outputs, ni siquiera el sustrato en el cual se situará aquella mente, que puede ser el cerebro de un organismo animal (superior o inferior) o una máquina. Sólo nos interesarán los procesos que ocurren al interior de la mente y la constitución, organización, estructura y evolución de estos procesos.

Lo anterior, implica que el análisis del sustrato neural no tiene relevancia causal. Estas variables biológicas funcionan a un nivel distinto del nivel de análisis de las Ciencias Cognitivas, y es papel de los neurocientistas desentrañar sus misterios; por lo tanto, el avance de la neurociencia tendría una influencia mínima en el desarrollo de las Ciencias Cognitivas. Tampoco importan para lo anterior los elementos del ambiente con los cuales interactúa esta mente inserta en un organismo: que esta funcione en una cultura u otra no afecta en mayor medida a los procesos mentales que en general responden y cambian ante fenómenos internos y estrictamente cognitivos.

En términos generales, las Teorías Cognitivas Clásicas se articulan metodológicamente en torno a este principio adoptando la metáfora del computador, ya que se arguye que es la mejor posibilidad de investigación que se posee. Al hacer esta elección, el procedimiento metodológico más indicado y utilizado es la implementación de los modelos cognitivos teóricos organizando los estados mentales en procesos y cadenas de procesos, (*nivel de conocimiento*), para luego modelarlos en un programa o software (*nivel de modelación*) y luego hacerlos correr en un ordenador tipo Von Newman (*nivel de implementación*).

3.1.2. Los orígenes del problema: Conexionismo

El tema del agente cognitivo y sus límites no ha sido directamente tratado por el conexionismo, pero a partir de sus postulados básicos podemos extraer algunas conclusiones.

Rumelhart (1998), al delinear su proyecto de una cognición neuralmente inspirada, reconoce los avances que permite la simulación computacional para representar la actividad cognitiva, y destaca que ha sido una *metáfora* relevante en el desarrollo de las Ciencias Cognitivas. Sin embargo Rumelhart explica que metáforas como la del computador hay muchas. Está la idea de que la memoria era una tabla de cera para Aristóteles, que el universo era un sistema de relojería de Leibniz, que la libido es un sistema hidráulico, de Freud, etc. Rumelhart destaca que a pesar de su utilidad, todos estos ejemplos, incluida la metáfora del computador, son solo formas de representar una realidad que está influida por el espíritu de la época, que en cada caso intenta explicar un fenómeno complejo con aquellos dispositivos de mayor tecnología conocidos en aquel instante. Por lo tanto, es natural para la generación de los computadores Von Newman querer representar la cognición y la mente humana como el procesamiento de ordenadores.

Hecha esta observación, Rumelhart argumenta entonces al comentar las bases del conexionismo que “la arquitectura que estamos explorando no esta basada en la arquitectura (computacional) de Von Newman, sino más bien en una arquitectura basada en las consideraciones de cómo los cerebros mismos deben funcionar” (Rumelhart, 1998, p. 206). Por lo tanto, el conexionismo respecto al tema del agente cognitivo plantea un avance y a la vez un estancamiento: Un avance, por que por primera vez se toma en serio la relativamente obvia verdad de que los sistemas cognitivos humanos están implementados en sistemas orgánicos biológicos, por lo cual un sistema cognitivo en el mundo debería funcionar siguiendo al menos algunos de sus principios. Sin embargo, y he aquí el estancamiento, se recurre nuevamente a la experimentación de sus hipótesis en sistemas simulados, representando el funcionamiento neural en programas o softwares que corren en ordenadores (cabe destacar que en el tiempo en que comenzó el conexionismo muchas de las teorías que se tenía acerca del funcionamiento de las neuronas y que lo inspiraron hoy están obsoletas o son revisadas por contener errores).

Creemos que ante esto, se vuelve a dejar en segundo plano la importancia del sustrato donde se implementa la arquitectura cognitiva, manteniendo quizás inconscientemente la división mente cuerpo cartesiana al usar ordenadores para probar un modelo teórico acerca del funcionamiento de las neuronas y como estas implementan cognición. Por lo tanto, el agente sigue encerrado en la cavidad

craneana: el cuerpo, y el organismo mismo en cuanto a implementación espacio temporal en una situación dada, aún no parece relevante en este proyecto.

3.1.3. Los orígenes del problema: Cognición Alternativa

El problema del agente cognitivo, aparece con más fuerza con la irrupción de los partidarios de la cognición distribuida. Sin embargo, posee raíces más antiguas. Giere (2004; Giere y Moffatt, 2003) nos remonta a los escritos de McClelland, Rumelhart & Hinton (1986) donde los autores plantean que aquellas tareas cognitivas que requieren un procesamiento lineal simbólico como el uso del lenguaje y enfrentar un problema matemático, consisten en la manipulación de “representaciones externas”, como cuando debemos resolver la multiplicación de 456×789 . Muy pocas personas podrán resolverlo mentalmente, y si lo logran, aún menos podrán hacerlo a la misma velocidad en que se resuelve una multiplicación de 6×6 . Para resolver aquel problema, la mayoría de la gente recurrirá a escribir en un papel los números y resolverlo en el mismo papel (la misma observación hace Hutchins sobre Turing, en “Cognition in the wild”, 1995a). Por lo tanto, la contribución, según Giere, del “agente”, sería: (1) plantear el problema en una forma física (escribiendo números con un lápiz de tinta); (2) Haciendo la manipulación de los signos en el orden correcto; (3) suprimiendo los multiplicandos por el producto, lo cual es fácilmente almacenable en la memoria. Aquí tenemos que el *sistema* cognitivo que realiza la multiplicación consiste en una persona mas las “representaciones externas” (signos numéricos), y como se puede apreciar, no se aleja mucho de lo que actualmente se entiende por *Cognición Extendida* (el papel y el lápiz como parte del sistema cognitivo) y *Distribuida* (signos numéricos culturalmente aceptados y utilizables).

Tomando en cuenta estos ejemplos, Giere llama la atención sobre la posibilidad de diluir al agente cognitivo en el sistema en el cual esta inserto como unidad válida para el estudio de la cognición, una hipótesis que algunos autores ya están planteando como la forma más adecuada de delimitar un objeto de estudio que deje de lado las premisas de la Cognición Clásica. Entre los partidarios de esta posibilidad, Knorr Cetina (1999), en su libro “Epistemic Cultures”, investiga la interacción sociocultural que se produce en los laboratorios científicos (específicamente el Laboratorio High Energy Physics (HEP), que ha llevado a cabo experimentos en el Center of Nuclear Research (CERN), un acelerador de partículas ubicado en el borde de Francia y Suiza, y otro laboratorio de biología molecular). La

idea más provocadora de Knorr Cetina, para Giere (2002), es plantear la “eliminación del individuo como sujeto epistémico” en el laboratorio HEP, ya que establece que no es posible identificar a un individuo o grupo de individuos específico, detrás de los conocimientos resultantes. Según Giere, la cadena de pensamiento de Knorr Cetina sería como sigue: Si se produce conocimiento, tiene que existir un sujeto epistémico, aquella “cosa” que sabe qué será conocido. Más aún, conocer requiere un sujeto con mente, sabiendo que las mentes son típicamente conscientes. Pero, como Knorr Cetina en su investigación no pudo encontrar este sujeto epistémico, se siente forzada a proponer otro, situando este en el experimento mismo, asignándole al procesamiento distribuido en este experimento “una suerte de” conciencia, anclada en las historias e informes que se van generando al interior de un laboratorio, los cuales generan nuevos informes, nuevas ideas y nuevos objetivos (Giere, 2002, p. 6).

En tanto Latour (1986), otro partidario de la tesis distribuida radical, centra su atención en las fórmulas utilizadas desde 1813 en la química orgánica. Asumiendo que los constituyentes orgánicos en las reacciones químicas se conservan, uno puede representar reacciones químicas con ecuaciones en las cuales los números de todos los constituyentes son los mismos en cada lado de la ecuación; es decir, la ecuación debe estar balanceada (Giere, 2004). Con lo anterior, uno puede realizar *química teórica* manipulando estos símbolos, que en términos de Cognición Distribuida son representaciones externas que forman parte del sistema cognitivo distribuido para explorar reacciones posibles en química orgánica. Por lo tanto, el proceso de manipular una ecuación para balancearla no solo se produce en la cabeza del científico, sino que consiste en interacciones complejas entre la persona y representaciones físicas externas, como en el ejemplo de la multiplicación, comentado antes. Latour destaca que esta innovación, que no tiene más de 200 años, no es algo aislado en la ciencia, lo que desde el punto de vista cognitivo implica la creación de nuevos tipos de sistemas cognitivos extendidos y distribuidos (Giere, 2004). Sin embargo, a partir de los escritos de este autor, para Giere, no es difícil llegar a la conclusión de que no existe un agente cognitivo: solo existen “roles” (“*actants*”) conectados en redes, y transformando representaciones. Entre estos roles, se incluye humanos y herramientas en relaciones que para Latour son “simétricas” entre si, y en donde no hay un agente que predomine o ejecute.

3.1.4. Lo que debería tener un agente

Sin embargo, Giere no está de acuerdo con estas ideas. Asimilar conceptos asociados a la agencia humana (mente, conciencia e intencionalidad) y extenderlos a sistemas distribuidos sería un error. En su artículo afirma:

“...Es preferible restringir la aplicación de estos atributos cognitivos, como ser agencia consciente y cognoscente, a los componentes humanos de estos sistemas cognitivos distribuidos. El resultado es que deberíamos pensar en los sistemas distribuidos no como unidades homogéneas, sino como un híbrido que incluya a los humanos como los únicos agentes cognitivos activos”

(Gieryn, 2004, p. 760).

Para el autor un agente es consciente de las cosas que existen en su medio ambiente y es consciente de sí mismo como actor en este ambiente. Los agentes tienen creencias sobre sí mismos y sus ambientes, y tienen memoria acerca de su pasado. Son capaces de hacer planes e incluso muchas veces llevarlos a cabo intencionalmente. Los agentes por lo tanto son responsables de sus actos de acuerdo con los estándares de su cultura y de sus comunidades locales.

La opción de Gieryn ante este planteamiento es proponer la existencia del agente como un *modelo idealizado*, como lo es un punto de masa en la mecánica clásica. Estas cosas no existen materialmente, pero son modelos muy útiles en ciencia. Además, propone una diferenciación entre *agente cognitivo*, cuyas características ya hemos descrito, y *sistema cognitivo distribuido*, donde este segundo sería “un sistema que produce outputs cognitivos”, como un sistema de agricultura genera productos agrícolas. Un output *cognitivo*, para Gieryn, sería un tipo de output que es resultado de cognición humana, como una creencia, una representación o algo por el estilo, pero para que esto se produzca, debe incluir un agente humano dentro del sistema cognitivo distribuido. Si existen estos sistemas sin agentes humanos, la pregunta de qué tipo de output es producido queda sin respuesta para Gieryn.

3.2. La necesidad de esclarecer este problema para el desarrollo de la Ciencia Cognitiva

Como se aprecia, el problema de la agencia cognitiva es complejo, rayando en elucubraciones filosóficas que Gieryn y otros autores como Wilson dejan entrever.

Creemos que hasta ahora la argumentación de estos autores se enfoca en elementos relevantes y útiles en la discusión, pero poco aportan en generar una argumentación sólida que vaya más allá de profundas creencias y apegos personales, filosóficos e incluso políticos. Sin embargo, nuestra impresión es que efectivamente *algo podemos decir del agente cognitivo* sumergiéndonos en los descubrimientos y planteamientos de ciencias como la Biología y sus sub ciencias: la Ecología, la Etología, la Primatología, y la Biología Teórica. Por lo visto estos planteamientos son tomados en cuenta dentro de las Ciencias Cognitivas por las Teorías Alternativas de la Cognición, y específicamente por teóricos de la corporalización más radicales como Varela, Maturana, Thelen et al., e incluso Van Gelder. Estas son las razones por las cuales hemos hecho un resumen de sus principales principios, y creemos que sus ideas son útiles como base teórica para la propuesta que delinearemos en los próximos capítulos en el marco de la historia de las Ciencias Cognitivas.

Visto esto, la tarea en la que nos embarcamos podría denominarse *Naturalización de la unidad de análisis en Ciencia Cognitiva*, y resulta ser importante sobre todo para no adscribir erróneamente agencia cognitiva a fenómenos, artefactos u organismos que probablemente no la tienen. Además, nociones como la diferencia – poco clara y aún por dilucidar – entre agentes y ‘*sistemas cognitivos*’ que destaca Giere, agregan otro elemento esencial para establecer una unidad de análisis plausible, que de cuenta de forma apropiada de fenómenos cognitivos tal como se nos presentan en la realidad: implementados *en y por* organismos vivos.

En segundo lugar, toda ciencia madura tiene un punto de partida en sistemas y fenómenos simples, o unidades de análisis. En Física es el átomo, en Biología la célula. Por ejemplo, la enseñanza en ciencias en general, y específicamente en Biología, implica que para entender la célula, el estudiante debe entender el funcionamiento de los miles de moléculas orgánicas que hacen posible su objeto de estudio: la vida. Como hemos visto y es sabido en nuestra área de las Ciencias Cognitivas, el computacionalismo estableció su punto de partida y su unidad de análisis en relaciones lógicas entre símbolos, elementos que a la luz de lo revisado hasta ahora (Giere, 2004; Hutchins, 1995a; Lakoff & Núñez, 2000) son simplemente artefactos creados por la cultura perteneciente a una especie específica de animales (homo sapiens), unidad de análisis que no sería precisamente la más básica u original, y que impide realizar un análisis evolutivo de su origen, paso esencial en cualquier ciencia relacionada con la biología; al contrario, establece que la mente apareció

cuando el ser humano comenzó usar estas relaciones lógicas entre símbolos (lenguaje), y lo que pasó para que esto surgiera, no es relevante. Lo anterior, da cuenta de la importancia de una unidad de análisis plausible para una ciencia floreciente como la cognitiva.

Tercero, en cuanto a nuestra postura naturalista, no tiene por qué llevar al eliminativismo y al materialismo extremo, al nivel de Churchland (1981; 1985). Después de todo, fenómenos cognitivos como la intencionalidad, la creatividad, las representaciones y creencias, se dan en agentes *biológicos* como somos los humanos, y dejando de lado una explicación religiosa o metafísica, reñida con el ánimo de la ciencia, las explicaciones de estos fenómenos deben estar contenidas en el funcionamiento orgánico de estos entes. Por lo tanto, el problema a estas alturas no es si la Biología con su avance tecnológico y teórico actual podrá dar mejores explicaciones respecto a los fenómenos cognitivos, sino que es cómo fomentar el desarrollo de las Ciencias Biológicas de manera que puedan proporcionar mejores explicaciones respecto al funcionamiento humano, meta que con los conocimientos, hipótesis, e incluso el enfoque epistemológico que predomina en la Biología actual, no ha podido ser alcanzada. Sin embargo, a la luz de lo que hemos mostrado hasta ahora, más lo que analizaremos en los próximos capítulos, creemos que los primeros pasos están dados para desarrollar una Biología con bases epistemológicas coherentes y amplias que procuren el avance técnico y teórico necesario para poder dar cuenta de los fenómenos humanos. Esto implica que nuestra intención en esta tesis no es proporcionar las respuestas definitivas a las problemáticas que han traído de cabeza a biólogos y científicos cognitivos por los últimos 50 años: pero si, cooperar con que estos primeros pasos puedan ser unificados en un enfoque teórico coherente que establezca una continuidad entre biología, cognición y psicología.

Por lo tanto, las preguntas que surgen del estado en que actualmente está la discusión sobre la unidad de análisis en ciencias cognitivas y sobre el agente cognitivo, giran en torno a lo siguiente: ¿Cuál es el límite o la frontera de una unidad de análisis de la cognición, de forma de no dejar ningún componente relevante o causal fuera? ¿Dónde es conveniente poner el límite de las Ciencias Cognitivas; en arquitecturas abstractas, en el cuerpo o en la sociedad? Dado que Giere propone un agente cognitivo virtual, como son los puntos de masa en mecánica clásica, que no necesariamente existen pero son útiles para comprender esta dinámica, y que en general las propuestas que defienden al agente cognitivo como una propiedad

exclusiva del ser humano son más filosóficas que científicas, podemos agregar a lo anterior las siguientes preguntas: a) ¿Es posible delimitar una unidad de análisis para la cognición apoyándose en postulados provenientes de la Biología, especialmente de sus hallazgos y enfoques teóricos de vanguardia? b) ¿Cuál es el rol del lenguaje, las emociones, el comportamiento, la comunicación y las relaciones sociales en un esquema naturalizado del agente cognitivo? c) ¿Es posible generar una unidad de análisis (o varias unidades de análisis) coherente y empíricamente evaluable inspirada en las observaciones de las teorías alternativas de la cognición?. Y finalmente d) ¿Cuál es el rol de la conciencia y otros fenómenos cognitivos atribuidos tradicionalmente al ser humano, en la delimitación de una unidad de análisis para las Ciencias Cognitivas? Intentaremos dar una respuesta a la pregunta a) en los capítulos IV y V, a la pregunta b) en los capítulos IV, V, VI y VII, a la pregunta c) en el capítulo VIII, y finalmente a la pregunta d) en el Epílogo.

Segunda parte

Capítulo IV:

Los argumentos ecológicos

4.1. Guía de búsqueda

Como hemos visto, los postulados de las Teorías Cognitivas Alternativas, se alimentan de varias ciencias que poco logran conversar entre sí. Esta aparente separación entre enfoques creemos que es artificial, pues todas concuerdan, y lo hacen explícito en mayor o menor medida, en que la mente *debe estar corporalizada*. Por lo tanto, surge la pregunta: ¿Habrá alguna forma de relacionar y unificar estas visiones – que a nuestro parecer son análisis de las distintas aristas del problema – en una teoría única? Y más importante aún, ¿Existen disciplinas científicas que hayan emprendido una tarea como esta y hayan resultado exitosas?, y por otro lado, ¿Existen fenómenos en la naturaleza de semejante complejidad? ¿Existen fenómenos en la naturaleza explicados ya de forma suficientemente científica, que sirvan como punto de partida para establecer de qué manera evolucionaron los fenómenos cognitivos?

En breves términos, la primera y segunda pregunta pueden tener una solución en la Ecología.

Para esto, en el presente capítulo expondremos brevemente los intentos de introducir preceptos ecológicos en las Ciencias Cognitivas a través de su historia, puesto que hay muchos enfoques de la cognición llamados “*ecológicos*” que destacan la relevancia de la interacción entre el ser humano y su ambiente físico y sociocultural en la constitución del aparato cognitivo. Sin embargo queremos dejar en claro que, aunque muchos de estos enfoques han influido a las Teorías Alternativas de la Cognición, nuestra especulación difiere de los mismos ya que los elementos de la Ecología que tomaremos en cuenta en este capítulo serán distintos, como se verá con el correr de las páginas.

Es necesario también recordar que nuestra mirada, como se ha repetido hasta el cansancio, es biológica. Para entender el fenómeno de la cognición es necesario *partir desde el comienzo*, y este comienzo no fue cuando la humanidad adquirió lenguaje simbólico: tal aseveración es sumamente complicada, llevando a sus partidarios a plantear teorías “peculiares” como la idea del origen saltacional del

lenguaje de Hauser, Chomsky y Fitch (2002) o por otro lado la reafirmación de la separación de cuerpo y mente de Fodor (1981; 1983). Por el contrario, adherimos a la idea de Brooks sobre la evolución de los sistemas biológicos situados en su ambiente, y ubicamos el origen de la cognición, o más bien, el origen de las interacciones biológicas en las cuales se cimienta el comportamiento cognitivo, incluido el del humano, en interacciones originadas en organismos multicelulares (e incluso unicelulares) unos cuantos millones de años antes de la aparición del lenguaje. Por lo tanto, seguimos la idea esbozada por Varela (1979) de que es posible encontrar señales primitivas de cognición en organismos unicelulares básicos, y las afirmaciones de investigadores como Van Duijn, Keijzer y Franken (2006) al analizar a una bacteria como la *Escherichia Coli* en su paper “Principles of Minimal Cognition: Casting Cognition as Sensorimotor Coordination”. Estos autores, muestran que es posible comenzar el largo camino para entender la cognición estableciendo los principios de lo que denominan “cognición mínima” en la naturaleza (Van Duijn et al. 2006), en un enfoque alejado de la tradicional visión antropocéntrica.

Lo anterior, nos lleva a la respuesta de las últimas dos preguntas enunciadas al principio: sí existen fenómenos suficientemente explicados por la ciencia que pueden servir de modelo para trazar la huella de cómo evolucionan los *sistemas cognitivos*, concepto que poco a poco iremos aclarando a lo largo de esta tesis.

4.2. El argumento ecológico en Ciencias Cognitivas

Como hemos anunciado, existen variadas teorías con elementos de la Ecología al interior de las Ciencias Cognitivas y de la Psicología. Ejemplos son los de Barker (1978) que hablan sobre los contextos sociales de conducta como contextos “ecológicos”, y de Bronfenbrenner (1979) que aplica el rótulo de “ecológico” a su análisis acerca de los factores diversos que influyen en el desarrollo de la infancia. Sin embargo, ha sido Gibson (1966; 1979, Cutting, 1982) y sus discípulos (Turvey & Shaw, 1999; Shaw & Turvey, 1999) quienes han aplicado este término directamente en la Ciencia Cognitiva. Su enfoque de “Psicología Ecológica” niega la idea cognitivista clásica respecto a que, producto de la pobreza de los estímulos externos, el ser humano debe estructurar representaciones para poder procesarlos. Además, niega muchas de las variables que convencionalmente se investigan en percepción: distancia y tamaño absoluto, formas bidimensionales, etc., para enfocarse en otros aspectos como la disposición del ambiente (el ordenamiento de objetos entre sí y

respecto a las superficies), la forma de los objetos, la situación del observador respecto a la disposición de los objetos, los eventos (es decir, los movimientos y cambios de los objetos y del ambiente), y especialmente la asequibilidad (Affordances), es decir, la posibilidad de una posible acción sobre esos objetos (Gibson, 1966; 1979; Greeno, 1994; Cutting, 1982). Estos factores son relevantes porque estarían especificados por la información disponible a partir de sistemas perceptuales *apropiadamente calibrados con el exterior*, y el objetivo de la Psicología Ecológica es analizar esa información y entender cómo los animales humanos y no humanos manejan su ambiente tomando ventaja a partir de las características del mismo (Neisser, 1999; Cole, 1999).

Luego de la muerte de J.J. Gibson, el desarrollo de la Psicología Ecológica se ha encausado hacia dos ideas principales: Una tiene que ver con sofisticadas descripciones formales de la estructura del ambiente, de la información que contiene y como esta información es aprovechada por el ser humano (Bingham, 1995, en Neisser, 1999), o de la interdependencia entre animales y ambiente (Turvey & Shaw, 1999, Shaw & Turvey, 1999). La otra intenta solucionar viejos problemas de la psicología a partir del enfoque ecológico. Junto a lo anterior, estos psicólogos han llevado a cabo investigaciones empíricas potentes que proporcionan buena evidencia a sus ideas; ejemplos son los estudios acerca de la estructuración ecológica del sistema visual (Gibson, 1966) del desarrollo infantil (Gibson, Riccio, Schmuckler, Stoffregen, Rosenberg & Taormina, 1987; Adolph, Eppler & Gibson, 1993) percepción táctil o háptica (Gibson, 1966; Turvey, 1996) y la percepción auditiva y el control motor (Gaver, 1993), por mencionar algunos.

Es necesario mencionar los basamentos teóricos que han hecho posible estas evidencias empíricas. En Shaw y Turvey (1999) se saca a colación la “piedra de toque³” de Hume, que este filósofo expresa en “*A treatise of human nature*” (sección XVI titulada “*Acerca de la razón de los animales*”), y consiste en la vieja pregunta sobre qué estamos estudiando cuando estudiamos la cognición. Shaw y Turvey, responden algo imposible de soslayar:

“Esta pregunta y la respuesta no pueden ser expresadas entendiendo lo cognoscible como únicamente humano. Antes bien, debe expresarse de manera tan general que pueda incluir a todas las especies... se rechaza entonces como falso cualquier enfoque acerca de la cognición humana que no se aplique de la misma forma a otros

³ “Touchstone”

animales (excepto aquellos enfoques de fenómenos en los que se puede demostrar inequívocamente que son propios de los humanos)”

(Shaw & Turvey, 1999, p. 95)

Más interesante es lo que afirman a continuación: “Dejando de lado un ánimo de exactitud en el término *conocer*, se puede decir que todos los animales *conocen* acerca de sus *nichos*, en el sentido de que son capaces de enfrentar su ambiente, más o menos adecuadamente” (Shaw & Turvey, 1999, p. 95). A partir de este principio los autores basan sus investigaciones, intentando establecer de qué forma los seres vivos *multicelulares* adecuan su corporalidad y su *cognición* para desempeñarse adecuadamente en el ambiente y en el *nicho* en el que encajan.

4.3. Principios de Ecología

4.3.1. Advertencias

A simple vista, los siguientes títulos podrían causar cierto escozor en muchos científicos cognitivos, puesto que como enunciamos en el apartado 4.1. del presente capítulo, hemos puesto nuestra mirada en aspectos distintos. Lo que nos interesa de la Ecología son su unidad de análisis y las metodologías que emergen de ella, y por otro lado la amplitud de sus aplicaciones o alcances, que van desde el funcionamiento de una célula en su entorno hasta el comportamiento de grandes masas de metazoos. Por lo tanto inmediatamente surgen las siguientes preguntas: ¿Qué tienen que ver las células con la cognición (donde probablemente el lector entenderá por cognición la *cognición humana*)? ¿Qué nos podría aportar el estudio de las células y de los animales para entender un fenómeno infinitamente más complejo como la cognición humana? y ¿Qué área del estudio de las células y de los animales podría, si es que podría, servirnos en nuestra investigación acerca de la cognición?

La respuesta a esto es simple: estamos siguiendo la premisa de Turvey y Shaw anteriormente expresada, rodeada de las observaciones delineadas en los primeros capítulos de autores como Brooks, Van Gelder, Varela, entre otros. Nos proponemos estudiar *la cognición*, fenómeno natural que no nació con el advenimiento de la raza humana, sino que ha sido implementado *por seres vivos* de todos los tipos, independiente de su nivel de complejidad, ya sea unicelulares o multicelulares, millones de años antes de que el Homo Sapiens caminara por el mundo.

4.3.2. Concepto de Ecología

La Biología, y en este caso la Ecología, son ciencias estables y de alto prestigio con un peso empírico e incluso matemático potente, reforzado con la irrupción de las teorías de los sistemas dinámicos hacia la década del 50 (como se comenta en el capítulo I). Esto las convierte en la actualidad en un cúmulo de conocimientos ordenados, metódicos y altamente predictivos, cuyo aporte a las Ciencias Naturales es indiscutible.

Para empezar es necesario delimitar lo que es. Al abrir algunos libros de Ecología general, encontramos una excelente definición: *“La ciencia que estudia la relación entre el organismo y su ambiente”*. Pero lo que sigue a continuación es aún más interesante:

*“Esta definición es satisfactoria mientras consideremos relación y ambiente en **todo** su significado. **Ambiente** incluye no solo las condiciones físicas, sino que los elementos biológicos o vivos que componen los alrededores del organismo. **Relaciones**, implica interacciones con el mundo físico, tanto como con miembros de la misma o de distinta especie”.*

Luego se agrega dentro de la definición de *ecosistema*, una idea preliminar de lo que sería un *sistema*:

“Un sistema es una colección de partes relacionadas que funcionan como una unidad... En general, un ecosistema esta constituido por dos componentes básicos, el componente vivo o biótico, y el componente físico o abiótico”.

(Smith & Smith, 2003, p.4)

Como se puede ver la Ecología no tiene demasiados problemas para definir su límite de estudio, ya que considera la interacción de estos distintos componentes (bióticos y abióticos) como una *unidad*, que esta ciencia investiga. En segundo lugar, nos proporciona una unidad de análisis que el enfoque de los psicólogos ecológicos y en general los partidarios de la Cognición Alternativa respetan: el organismo en interacción con su ambiente. Sin embargo, esta unidad de análisis posee diferentes modalidades, que analizaremos a continuación.

4.3.3. Conceptos fundamentales de la Ecología

Comentando lo más básico de la ciencia ecológica, los autores definen dos aspectos: *población* y *comunidad*.

“Población, es un grupo de individuos de la misma especie ocupando un área dada. Las poblaciones de plantas y animales en un ecosistema no funcionan independientes entre sí. Algunas poblaciones compiten con otras poblaciones por recursos limitados, como el agua, comida o espacio. En otros casos, una población es la comida de otra. Dos poblaciones pueden mutuamente beneficiarse entre sí, cada una haciéndolo mejor con la presencia de la otra. Todas las poblaciones de diferentes especies viviendo e interactuando dentro de un ecosistema son tomadas colectivamente como una Comunidad”

Y luego más definiciones interesantes:

“Podemos ver entonces ahora que un ecosistema, consistente en una comunidad biótica y su ambiente físico, tiene varios niveles. En un nivel, los organismos individuales incluyendo los humanos, responden a la influencia del ambiente físico. En el nivel siguiente, los individuos de la misma especie forman poblaciones, posibles de ser descritas en términos de número, tasa de crecimiento y distribución por edades. Los individuos de estas poblaciones interactúan entre sí, y a la vez con individuos de otras especies incluidos en otras poblaciones para formar una Comunidad.

(Smith & Smith, 2003, p.5)

A estas alturas, ya es posible darnos cuenta que los ecosistemas son estudiados en tres niveles distintos: individuos en interacción con su ambiente, poblaciones en interacción con su ambiente y comunidades en interacción con su ambiente. Otro aspecto a tener en mente.

Si seguimos leyendo el texto de Smith y Smith, emergen otros conceptos útiles, como aislamiento reproductivo. El aislamiento reproductivo implica una serie de fenómenos que le proporcionan identidad a una especie, impidiendo la mezcla entre dos especies distintas. Existen varios factores que lo impiden, clasificados en pre apareamiento y post apareamiento. Entre los primeros, existen condiciones como diferencias en espacio y en tiempo. Dos entes biológicos de especies distintas, especie A y especie B, a pesar de que vivan en un mismo lugar, ocuparán espacios distintos para aparearse y procrear, o pueden entrar en celo en momentos distintos, lo que hace que no se mezclen sus genes. Otra condición son los patrones distintos de

comportamiento, sexual o no sexual. La especie B por ejemplo, puede tener un patrón de comportamiento distinto a la especie A, que implica estímulos visuales (colores, danzas de cortejo), auditivos (gorjeos o aullidos de cierto tipo), e incluso químicos (olores y feromonas), que hará que los individuos de la especie A no se sientan atraídos por aparearse con los individuos de la especie B. En cuanto a las condiciones de post apareamiento, estas regulan de forma genética la identidad de las especies. Un ejemplo es la cruce entre un burro y una yegua, de lo cual saldrá una mula; en este caso el aislamiento reproductivo de tipo genético permite que incluso, a pesar de que es posible que se generen híbridos como la mula, estos nazcan sin la capacidad de procrear, es decir, sean estériles (Smith & Smith, 2003). Como se observa, la naturaleza posee diversos mecanismos para mantener la identidad filogenética de una especie, mecanismos que funcionan por igual a nivel de comportamiento y a nivel genético.

Otros términos relevantes dentro de la ecología son el habitat, que se define como el lugar físico donde la especie vive, y el nicho, o el rol funcional que cumple la especie, incluyendo sus actividades y relaciones con el ambiente, otras especies o su misma especie (Smith & Smith, 2003). Además, tenemos el genotipo, que consiste en la carga genética de un organismo, y el fenotipo, que consiste en la expresión de cierto rasgo heredado genéticamente en un individuo. Para entender esta diferencia, tenemos por ejemplo que el genotipo de una rata puede poseer genes para que esta desarrolle un pelaje negro o blanco. Sin embargo, producto de la interacción de genes recesivos y dominantes, el ratón finalmente puede tener solo pelaje negro, característica que es parte de su fenotipo (Curtis & Barnes, 2000; Campbell, Mitchel, & Reece, 2001).

Ontogenia, por otro lado, es la historia de la transformación de un individuo, o la historia de la conservación de la identidad de un ser vivo (Maturana & Varela, 1994). Filogenia, por su parte es la historia de transformaciones para conservar la identidad de la especie, es decir, su historia evolutiva (Curtis & Barnes, 2000; Maturana & Varela, 1994).

4.3.4. Comunidades

Dentro de las comunidades, que como ya vimos es la interacción entre poblaciones de diversas especies, se producen una serie de relaciones que mantienen el equilibrio al interior de esta, y cuya alteración puede significar la extinción de una

población o de la comunidad. Entre estas *interacciones interespecíficas*, tenemos *competencia*, *predación*, *parasitismo* y *mutualismo*, entre otras. La *competencia interespecífica*, se define como “la relación entre dos especies en la cual ambas se ven afectadas adversamente... donde individuos de dos o más especies desean un recurso escaso” (Smith & Smith, 2003). En la ecología evolutiva, este concepto es esencial, ya que la competencia es considerada una “lucha por la supervivencia”, siendo de las mayores fuerzas que producen divergencia y especialización en cada animal, en donde las ventajas que tenga cierto individuo o una población son esenciales para la supervivencia de la población entera.

La *predación* consiste básicamente en la necesidad biológica de adquirir elementos orgánicos para mantenerse vivos. Existen diversos tipos de predación: *Hervivorismo*, *Carnivorismo*, *Parasitismo* (donde el organismo se instala y vive dentro o fuera de otro organismo, y junto con esto lo consume lentamente, lo cual puede llevar a la muerte del organismo huésped y a su vez del organismo parásito); y *Canibalismo*. La interacción de predación no solo es un intercambio de energía entre presa y predador, sino que configura un conjunto de comportamientos profundamente arraigados en los organismos, y además, contribuye a controlar la densidad y tamaño de las poblaciones de forma que se mantenga el equilibrio ecológico. Un concepto interesante en este contexto, es lo que se llama “imagen de búsqueda”, que es un fenómeno que aparece cuando un predador como un león llega a un lugar desconocido y que no le es propio. En ese lugar, como no están las especies que cazaba, no sabe qué puede comer y que no, por lo tanto cazará al azar alguna especie del nuevo lugar. Una vez devorada la presa, el León tendrá una “imagen de búsqueda”, que le permitirá seguir cazando la misma presa (Smith & Smith, 2003).

Sin embargo, existe otro tipo de interacción que es el *mutualismo*. Esta interrelación se define como una interacción entre dos especies en la cual ambas se ven beneficiadas. El *mutualismo* puede ser *simbiótico* o *asimbiótico*. En el *mutualismo simbiótico*, la interacción entre las dos especies es obligatoria, es decir que si se extrae a una, la otra muere, y viceversa. Un ejemplo de mutualismo son la gran cantidad de bacterias que el ser humano posee en su aparato digestivo, y sin las cuales probablemente la digestión sería muy costosa, lo que podría llevar a la muerte del individuo humano. En el *mutualismo asimbiótico*, la separación de ambas especies no implica la destrucción de ambas o de una. Un ejemplo es la *facilitación*, donde una especie se ve beneficiada por la sola presencia de otra especie. Ejemplo de esto son

los arrecifes de Coral, donde estos organismos, por su sola existencia, construyen grandes arrecifes que sirven de refugio a diversas especies de peces. Las asociaciones mutualísticas influyen en una variedad de procesos en los organismos, ya sea en la adquisición de energía y nutrientes, protección y defensa, reproducción y dispersión (Smith & Smith, 2003).

4.3.5. Individuos y poblaciones.

En este punto, es necesario comentar algo muy interesante respecto a qué es un individuo, lo que resulta fundamental si vamos a hablar de poblaciones. Para los biólogos el problema no es tan fácil, porque existen en la naturaleza organismos vivos como los corales o las esponjas, e incluso algunos árboles que nacen de un mismo huevo o semilla fertilizada sexualmente, pero que una vez desarrollados extienden sus raíces y a partir de estas nacen *clones* idénticos al árbol original. Por esto, un bosque de estos árboles tiene la misma composición genética, y podría entenderseles como parte de un solo individuo. Sin embargo, en este caso los clones son considerados como individuos por los biólogos (Smith & Smith, 2003).

En las *poblaciones*, tenemos que se dan fenómenos como la *competencia intraespecífica*, *territorialidad*, *interacción social*, y *reproducción y sexualidad*. En la primera pueden darse dos fenómenos principales: la *competencia "scramble"*, que se produce cuando en general la población esta siendo poco exitosa, y han bajado sus niveles de crecimiento y reproducción, lo que genera que aumente el nivel de competencia; y la *competencia de contienda o de lucha*, que se da cuando un grupo de individuos de la especie impide que el resto acceda a los recursos limitados. La *territorialidad*, es un fenómeno donde un individuo o grupo de individuos de una población defiende un área exclusiva que no comparte con los rivales de la misma especie. Lo anterior, implica una serie de patrones de conducta bien establecidos como por ejemplo, despliegues de intimidación, violencia y persecución de enemigos, utilización de marcas físicas – arañazos en árboles por ejemplo – o químicas – feromonas contenidas en orines o glándulas especiales – aullidos y cantos característicos y específicos, etc.

Dentro del contexto anterior, se enmarca el *comportamiento social*, que Smith y Smith definen como “*el grado en que un los individuos de una misma especie se toleran unos con otros*” (2003, p. 211). El enfoque de la Biología se basa en describir

las relaciones sociales al interior de poblaciones de individuos como “*dominadas por la agresividad, la intolerancia, y el dominio de un individuo sobre el otro*” (2003, p. 211), donde dos fuerzas se opondrían: una es la atracción mutua entre individuos, y la otra es la necesidad de espacio individual. Para los biólogos, cada individuo tiene una posición en el grupo o la población, basado en relaciones de dominancia y sumisión. En su forma más simple, un grupo de individuos incluye un *alfa*, que es dominante sobre los demás, un *beta*, un individuo dominante sobre los demás excepto sobre el *alfa*, e individuos *omega*, que son dominados por todos los demás. La posición dentro de esta escala social se gana a través de la lucha y el desafío entre dos individuos o grupos de individuos, y se mantiene con amenazas y castigos a quienes intentan alterar este ordenamiento. Estas organizaciones estabilizan y formalizan la *competencia intraespecífica*, y resuelven disputas al interior del grupo sin llegar a peleas mayores y sin desperdiciar energía, necesaria para mantener la supervivencia. Una organización rígida como la anterior, regula a su vez la reproducción al interior del grupo. Por ejemplo, en el caso de los lobos y otros mamíferos superiores, existen dos jerarquías de dominancia: la del *macho alfa* y de la *hembra alfa*. Bajo el *macho alfa* esta el *macho beta*, el cual es una especie de hermano que también debe defender su posición de los machos inferiores. Las parejas en este grupo son controladas rígidamente: el *macho alfa* (y ocasionalmente el *macho beta*) copula con la hembra alfa. Los dos alfa impiden que otros individuos de otros rangos se apareen con el macho o la hembra alfa. Sin embargo, los cachorros de cualquiera de las parejas que se formen, excepto las que rompan las reglas, son cuidados por toda la manada.

Existen otros estudios que analizan no solo las relaciones de dominancia, sino de *cooperación* y *afecto* al interior de poblaciones, que exhiben interrelaciones aún más complejas que la comentada. Spoor y Kelly (2004) comentan en este contexto que el afecto en pequeños grupos ha servido durante la evolución como un eficiente modo de asegurar la supervivencia a través de dos mecanismos: provee rápidamente información sobre el ambiente y la estructura del propio grupo, lo que permite una comunicación más fluida, y sirve para coordinar fácilmente al mismo grupo en tareas de supervivencia gracias a los lazos que unen a los individuos.

Todo lo anterior muestra la gran cantidad de conocimiento que se tiene respecto a estos complejos fenómenos de interacción entre el ambiente y los seres vivos, orientados principalmente al intercambio de *materia* y *energía*. Además,

establece una serie de relaciones inter e intraespecíficas, que serán útiles para nuestro análisis.

4.3.6. Ecología Celular

Hablando con Marco Lardies, Doctor en Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el concepto de “Ecología Celular” no le era familiar dentro de su campo de investigación. Para él, y como era nuestra impresión, la Ecología se ha dedicado más a estudiar *interacciones ecológicas entre organismos multicelulares*, siendo la interacción entre organismos unicelulares un campo en el que pocos se han interesado, a no ser por ciertos investigadores que cultivan lo que se ha denominado *Biología Teórica* y que analizan de forma indirecta conceptos relacionados (Maturana & Varela, 1994; 1980; Varela, 1979, Bedau, 1999; Brenner, 1999), algunas investigaciones en colonias de bacterias (Fenchel, 1982; Blaser 1997; Be’er, Zhang, Florin, Payne, Ben-Jacob & Swinney, 2009; Ben Jacob, 2003) (fig. 8) y otras investigaciones acerca de la producción de células madres en seres humanos (Papayannopoulou & Scadden, 2008), por citar algunas.

Por otro lado, buscando información bibliográfica en la red y en bibliotecas diversas, se encontraron muy pocos libros (y artículos incluso) que tuvieran en su título este concepto. Lo que si se observó es que se utiliza mucho el término en el contexto del estudio del cáncer, existiendo incluso algunos institutos de “Ecología Celular” en EEUU, y al hablar de Microbiología (Madigan, Martinko & Parker, 2004), en donde los estudios ecológicos en organismos unicelulares se enfocan en la primera relación que estudia la Ecología: la interacción entre el ambiente físico y el organismo. La escasez de bibliografía y lo indirecto que se trata el tema resulta llamativo por lo interesante de este campo de estudios, y lo relevante que puede resultar para las Ciencias Biológicas, e incluso, como veremos a lo largo de la presente tesis, para las Ciencias Sociales.

Debido a lo anterior, comenzaremos nuestra argumentación sentando algunos principios de análisis. Tomando en cuenta que el concepto de Ecología indica que es el estudio del organismo en interacción con su ambiente, en el caso de las células pertenecientes a un organismo multicelular el ambiente de una célula individual no es el ambiente externo del individuo, sino *el ambiente interno del individuo*, aquel medio acuoso coloidal en el cual se desarrollan las células con carga genética propia de la

especie, y que es mantenido estable gracias a una serie de mecanismos homeostáticos.

Sin embargo es claro que no todos los tópicos que se refieren a la Ecología Celular serán útiles para nuestra especulación, y con esto nos referimos a la interacción de la célula con su medio ambiente *fisicoquímico*, dominio de los biólogos moleculares. Lo que si nos interesa es la relación de la célula con otras células de su misma especie, es decir, al interior de *poblaciones* de células, lo que implica una interacción *intraespecífica*. Esta interacción no sólo se da en animales superiores, sino que la podemos observar en organismos constituidos por células unitarias, o más específicamente, organismos multicelulares. En este caso, al interior de poblaciones de células con la misma carga genética que conforman un organismo multicelular se produce la especialización de estas células, que se diferencian por su estructura y su función dentro de su *población*, formando tejidos y generando interacciones interhistológicas (del griego *histos*: tejidos, es decir, interacciones entre células de distintos tejidos). Estas interacciones se dan en 4 niveles al interior de un organismo multicelular: el nivel de interacción entre células, que forman tejidos; el nivel de interacción de tejidos, que forman órganos; el nivel de interacción de órganos, que forman sistemas de órganos; y el nivel de interacción de sistemas de órganos, que forman al individuo (Lesson, Lesson & Paparo, 1990; Geneser, 1999).

Estos niveles de interacción son ampliamente conocidos y utilizados por médicos y biólogos, dentro de disciplinas básicas en sus campos de investigación, como son la Histología y la Fisiología, por lo que probablemente no revisten mayor misterio. Sin embargo, los estudios incipientes en torno al origen de la multicelularidad están abriendo un campo de investigación muy prometedor, que podría cambiar la idea que se tiene de estos niveles de interacción como relaciones pasivas determinadas totalmente por los genes.

4.3.7. Organismos multicelulares

Las interacciones entre células de la misma especie, se dan en *organismos unicelulares y multicelulares*. Los organismos unicelulares que interactúan entre sí en una población, se denominan *colonias*. Un ejemplo de estudio de colonias es el que se lleva a cabo entre bacterias (Be'er et al. 2009, Ben Jacob, Becker, Shapira & Levine, 2004; Ben Jacob, 2003; Ben-Jacob, Cohen, Gutnick, 1998; Crespi, 2001) (fig. 8). Sin embargo, resulta interesante que algunos biólogos ya están especulando que con el

paso de los milenios estas interacciones se fueron haciendo más complejas, de modo que las colonias se fueron convirtiendo poco a poco en *organismos multicelulares* estrechando sus vínculos y manteniendo cada vez más su dependencia (Shapiro, 1998), en una especie de mutualismo simbiótico. Finalmente, estos organismos multicelulares también fueron complejizando sus interacciones, hasta llegar a constituir lo que conocemos actualmente como metazoos, entre ellos el ser humano.

Un organismo multicelular, según Furusawa y Kaneko (1998) está constituido por clones provenientes de una célula en común, una *célula madre, germinal o totipotencial*, por lo que pertenecen a una misma especie. Sin embargo, a pesar que poseen la misma genética, estas células se especializan pronto, diferenciándose de la célula madre y constituyendo células que formarán en el futuro los tejidos y órganos que conforman al organismo multicelular. Este proceso en biología se denomina *diferenciación celular*, (Curtis & Barnes, 2000; Campbell et al. 2001; Madigan, Martinko y Parker, 2004).

Esta *diferenciación celular* tiene muchos aspectos interesantes. A simple vista, lo que se tiende a pensar es que es el ADN el que controla totalmente el proceso, con ciertos genes que convierten las células madres en células diferenciadas o especializadas, ya sea hepáticas, musculares, nerviosas, etc, lo cual implica que la causa última de la diferenciación radica sólo en la existencia de complejas dinámicas bioquímicas genéticas *internas* (Douarin & Dupin, 1993; Till, McCulloch, & Siminovitch, 1964). Evidencia de estas dinámicas genéticas intracelulares existe de sobra, y es sabido que la diferenciación celular es posible gracias a las capacidades de expresión de los genes, los cuales pueden combinarse y empaquetarse de infinitas formas para ser transcritos por el ARN y de esta forma generar proteínas y otros componentes celulares moleculares (Campbell et al. 2001).

Sin embargo, una de las muchas características del ADN, que es poseer una estructura fija y constante en las células de una misma especie, no sería el principal gatillador de este proceso. Lo anterior es corroborado por un estudio clásico donde se destruyó el núcleo de una célula germinal de rana y se le transplantó el núcleo de una célula ya diferenciada (del intestino) de la misma especie, de forma de verificar si durante la diferenciación celular, había algún cambio en la estructura fija del ADN que produjera este fenómeno. Sin embargo, se vio que la célula transplantada con el núcleo diferenciado generaba un embrión de rana normal (Briggs y King, 1952). Lo anterior, está bien establecido y suficientemente estudiado (Campbell, et al. 2001).

Por lo tanto, aún no se tienen claros la totalidad de los factores que gatillan la diferenciación celular y cuál es la relevancia de cada uno. En torno a esto existen hipótesis internalistas, que plantean que el proceso de diferenciación es gatillado y controlado completamente al interior de la célula por genes especializados en esto, e hipótesis externalistas, que plantean que este proceso es influenciado fuertemente desde el exterior de la célula. Respecto a la segunda hipótesis, algunos libros de Biología Molecular la aceptan de buena forma (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts & Watson, 1994), hay estudios con células del epitelio reproductivo humano, que muestran que una gran cantidad de moléculas externas son esenciales para mantener su estructura como tejido y generar su diferenciación (Adissu, Asem & Lelièvre, 2007), y se sabe que el desarrollo del Sistema Nervioso Central y de la corteza se ve influido potentemente por las interacciones que las células nerviosas hacen entre sí (Kandel, Schwartz & Jessell, 1991). Por otro lado, con modelos computacionales de células (Ben Youssef, Cheng, Zygourakis & Markenscoff, 2007; Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa; 2000; 2001, Kaneko, Sato, Michiue, Okabayashi, Ohnuma, Danno, & Asashima, 2008; Kaneko, 1992) se ha mostrado que podría existir un factor de interacción dinámica de las células entre sí, que coopera con la diferenciación y que no sería un fenómeno difícil de ver en la naturaleza (Kaneko & Furusawa, 2001). Incluso, estos autores han hipotetizado que esta interacción se produce en el marco de “sociedades celulares” (Shapiro, 2007; Ben Jacob et al. 2004; Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa; 2000; 2001, Kaneko, 1992). Esta posibilidad, estudiada ampliamente en simulaciones computacionales y con estudios preliminares en células vivas (Kaneko et al. 2008), resulta ser muy relevante para nuestra especulación.

4.3.8. Diferenciación celular y sociedades celulares

En específico, Furusawa y Kaneko (2002) plantean que esta interacción *intraespecífica* de tipo *social* (en poblaciones celulares que funcionan como una unidad para formar un organismo multicelular) cumple con algunos patrones y principios que se enumeran a continuación (fig. 9):

a. Formación de colonias: Las células, son organismos individuales separados de su ambiente por *membranas*. Sin embargo estas células pronto comienzan a reproducirse, y se hallan fácilmente rodeadas de otras células, formando *colonias*. Lo

anterior, es el primer paso a la constitución de un organismo multicelular, pero no el único.

b. Límites de la colonia: A partir de este proceso se comienzan a establecer *límites*, tanto funcionales como territoriales, a partir de la necesidad de que las células más externas de la colonia posean una configuración tal que amortigüe los cambios externos a la misma.

c. Diferenciación celular: Una vez que se ha generado este conjunto de células a partir de la célula madre, es necesaria la *diferenciación celular* para constituir finalmente un organismo multicelular. Es decir, las células se *especializan* sin que sea necesario que alteren su constitución genética a través de mecanismos tradicionales como las mutaciones, de forma que células de la misma especie toman roles distintos e incluso cambian sus configuraciones físicas. Por ejemplo, las células ubicadas hacia el exterior de la colonia necesitan tener características especiales, como ser resistentes a presión mecánica o estar muy cercanas unas de las otras, para evitar que ingresen agentes nocivos al interior de la colonia, por lo cual se diferencian en células epiteliales. Otras células más al interior se pueden especializar sólo en procesar los nutrientes para la colonia, lo que las puede llevar a diferenciarse en células gástricas primitivas, y así.

d. Robustez de la colonia: La diferenciación celular, obedece a patrones no muy diversos, según las observaciones de los autores, tanto en su funcionamiento como a su despliegue territorial. Esta diferenciación configura lo que los autores denominan "*proceso de desarrollo robusto*". Lo anterior, quiere decir que esta colonia complejizada tiende a *resistir en conjunto*, y no de forma individual a fluctuaciones ya sea internas a la célula, internas a la colonia, y externas a la colonia, es decir, mantienen su *homeostasis* (Varela, 1979; Maturana & Varela, 1994) lo que consolida su unidad.

e. Emergencia de una línea germinal: Una vez que se ha producido la diferenciación y el conjunto es robusto, las *células somáticas* (hepáticas, musculares, nerviosas, etc; aquellas células que se han diferenciado de la célula madre y que finalmente constituyen la mayor parte del organismo multicelular) *no pueden dar lugar a otro organismo multicelular por si solas*. Para esto, la naturaleza proporciona una

solución adecuada: produce *gametos*, células especializadas para heredar los genes del organismo multicelular, como los óvulos y espermios, que poseen la mitad de la carga genética. Estos son los responsables de producir al organismo multicelular completo a través de la reproducción sexual.

Las conclusiones anteriores, surgen a partir de la investigación que los autores realizan en torno a modelos simulados en computador, de células virtuales interactuando entre sí (fig. 9). Encontraron que al simular las condiciones básicas con las cuales una célula cumple su ciclo de vida en un software (incluyendo por ejemplo los nutrientes y los procesos bien conocidos de una célula en su ciclo vital, incluida su reproducción a través de la clonación) una o varias células madres pronto comienzan a diferenciarse sin que sea necesario ningún control externo, o programación previa, es decir, se diferencian espontáneamente, formando patrones de desarrollo y de ocupación del espacio, en este caso virtual (por ejemplo, los autores observaron patrones de crecimiento celular en forma circular y en capas, entre otros, como se aprecia en la figura 9). Gracias a esta diferenciación logran resistir las perturbaciones externas o internas que rodean a la colonia (Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001; Kaneko, 1992). Este fenómeno, para los autores, se da naturalmente cuando una célula es exitosa en su ambiente y crece demasiado, lo que implica que llegue a un punto en que crecer más implicaría extinguirse. La salida a esta situación es que se reproduzca clonándose. Lo mismo se da cuando las células somáticas diferenciadas que se han originado a partir de la célula madre son exitosas y demasiadas, de forma que comienza a verse alterado el ambiente externo por su mera presencia, disminuyendo los recursos ambientales o aumentando los desechos de la colonia. De esta forma, el mecanismo de adaptación de la misma implica diferenciarse entre sí para afrontar como unidad los cambios que se han producido en el ambiente ante la propia formación de la colonia.

4.3.9. Límites naturales en individuos multicelulares

Con lo visto hasta aquí, tenemos que la formación de seres multicelulares está determinada en medidas semejantes por la constitución genética ("*factor genético*" o "*interno*") y por su interacción con otras células a nivel químico e incluso estructural, a lo cual se le denomina *factores externos*, y que Kaneko y Furusawa denominan "*factor social*" (Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001; Kaneko, 1992). Ejemplos de este *factor social* hay muchos, como en el tejido epitelial, que

constituye la piel y reviste diversos órganos internos, o fenómenos conductuales de motilidad en bacterias (Van Duijn, et al. 2006) y de predación en general, como es el caso del sistema inmunológico, que a través de una conducta celular simple como la fagocitosis o los movimientos ameboides (seudópodos), logra desplazarse y mantener la homeostasis al interior de un organismo cazando y predando células muertas o microorganismos nocivos (Geneser, 1999; Abbas, Lichtman & Pober, 1994).

Como se ve, los límites en los organismos vivos son materialmente flexibles, pues permiten el intercambio fluido de materia, energía, información y conducta entre ambiente (ya sea interno al organismo multicelular o externo a él) y organismo. Sus límites se dan basados en el *funcionamiento dinámico* del organismo, y no son una simple diferenciación de tipo metodológico realizado por un observador externo. Tampoco son límites imaginarios a la forma de un límite de un país. La diferenciación celular, como proceso, y la robustez y mantención de la homeostasis, como resultado, más la necesidad inherente del organismo multicelular de reproducirse *como unidad* multicelular, y no como una mera suma de sus partes, serían los pilares para poder establecer que un organismo multicelular es una unidad bióticamente válida separada de su ambiente; es decir, los organismos generan límites gracias a su funcionamiento autónomo.

Con lo revisado hasta ahora es posible observar que existen conceptos potentes respecto a los límites de una unidad de análisis provenientes de la Ecología y la Biología que pueden servir de base para plantear lo mismo en Ciencias Cognitivas: este mecanismo de diferenciación y generación de límites es propio de los sistemas vivos, y algo de sus mecanismos primordiales debería heredarse en sistemas que emergen de estos: los sistemas cognitivos.

Capítulo V:

Los argumentos de la Biología Teórica

La biología tiene aún más elementos que pueden ser útiles en la misión de naturalizar la unidad de estudio en Ciencias Cognitivas, y es por eso que en este capítulo analizaremos los principios básicos de la Biología Teórica, especialmente las ideas de Varela y Maturana, y recopilaremos los conceptos de la Teoría de Sistemas que han servido de base para estas especulaciones, útiles para delinear el concepto de *sistema cognitivo* y sus derivados hacia el final de la presente tesis.

5.1. Principios sobre Sistemas

En cuanto a lo que es un sistema, se han dado una diversidad de definiciones a través del tiempo (como la ya dada en el apartado 1.3.1. del Capítulo I), y ha sido posible aplicar el concepto en fenómenos a nivel molecular como a nivel del funcionamiento del sistema solar. Hay cierto consenso en torno a una definición en común como “una colección de partes relacionadas que funcionan como unidad” (Smith, & Smith, 2003) pero más específicamente Von Bertalanffy define sistema como:

“Un complejo de elementos interactuantes. Interacción significa que elementos p, están en relaciones R, de suerte que el comportamiento de un elemento p en R es diferente de su comportamiento en otra relación R’.” Y en otro lugar afirma: “...El todo es más que la suma de las partes, (implica) que las características constitutivas no son explicables a partir de las características de partes aisladas. Así, las características del complejo, comparadas con las de los elementos (constitutivos), aparecen como ‘nuevas’ o ‘emergentes’”

(Von Bertalanffy, 1995, pp. 55, 56)

Esta es una idea que se aplica en general en todas las ciencias y a diferentes objetos de estudio, pero no todo lo que concierne a “sistema” es relevante para nuestro propósito. Sólo nos interesará cómo este concepto es aplicado a los seres vivos, reino al cual obviamente pertenecemos los seres humanos.

Para alcanzar este objetivo, el libro “*Principles of biological autonomy*” de Francisco Varela (1979) es una excelente guía, que pocas veces es tomada en cuenta

a la hora de hablar de Biología del conocimiento y Biología Teórica. Este libro, completado por otros sucesivos junto a Maturana (Maturana & Varela, 1980; 1994) contiene las ideas originales de este autor, por lo cual constituye un documento de vital importancia para entender la propuesta teórica que desarrolló con Maturana en los años siguientes, y para comprender las principales ideas que guiaron su trabajo posterior en Neurociencia Cognitiva. Además, en él proporciona los principios por los cuales rechaza, ya hacia el año 1979, una visión puramente representacionista de los sistemas cognitivos, y da pie para que las actuales teorías corporalizadas observen los sistemas vivos como sistemas cognitivos y viceversa.

En el prefacio de *Principles of Biological Autonomy*, Varela confiesa los temas que inspiran el libro: estudiar la *autonomía* en la naturaleza, y en segundo lugar analizar las habilidades informacionales o cognitivas de los seres vivos

Autonomía, significa literalmente “leyes internas”, y su contrario es la *allonomía*, o leyes externas, es decir *control*. Autonomía y allonomía son dos fenómenos opuestos, pero complementarios. En el caso de la allonomía, el esquema general (que guiaría según Varela los esquemas computacionalistas y el esquema tradicional de comunicación) es que algo “*entra / se procesa / algo sale*”; el paradigma fundamental de aprendizaje en un sistema allonómico es la *instrucción*, y los resultados insatisfactorios, inesperados o fuera de lo planificado, *errores*. Su principal metáfora, como sabemos bien, es la del ordenador.

Sin embargo, observa Varela, al mirar a los organismos vivos a nuestro alrededor es claro que no pertenecen a la categoría de seres allónomos. Es más, en ellos la autonomía continuamente aparece ante nuestros ojos como *la capacidad de los sistemas vivos de mantener su identidad como unidades y como especies a través de la compensación activa de los cambios internos y externos*. De esto, nace la pregunta crucial de estos autores que ha perturbado la Biología desde la segunda mitad del s. XX, a saber, ¿qué es común a todos los sistemas vivos que les permite ser calificados de “vivos”? La respuesta a la que llega Varela hasta este punto de su libro, es que los seres vivos tienen alguna organización, funcionan de alguna forma, tienen características y capacidades a partir de las cuales los reconocemos como vivos, y una de estas características es esta *autonomía*.

Aún así, ante la pregunta de Varela y Maturana la Biología durante muchos años ha tendido a buscar una respuesta elaborando listas descriptivas que incluyen las características de un ser vivo, como se puede observar en un antiguo libro de

“ciencia normal” (Kuhn, 1996), usado sobre todo en educación básica y media, como es Vilee (1996). En este, se caracteriza a un ser vivo como poseedor de las siguientes particularidades: a) *Organización específica*: que implica que cada tipo de organismo se identifica por su aspecto y forma característicos, donde “los procesos de todo el organismo son la *suma* de las funciones *coordinadas* de sus células constitutivas” (Vilée, 1996, p. 21). Al seguir hablando de esta *organización* y sus propiedades causales, solo se comenta brevemente que “los seres vivos... (son) formados por diferentes partes, cada una con funciones específicas” (p. 21). Como se ve, poco se comenta acerca de esta organización, y se habla de la *suma* de los procesos que caracterizan a un organismo como los responsables de su calidad de vivo, idea opuesta a la definición de sistema de Von Bertalanffy. Otras características mencionadas en el texto son: b) *Metabolismo*: que es la suma de las actividades químicas de las células que permiten su crecimiento, conservación y reparación. c) *Movimiento* d) *Irritabilidad*: que quiere decir que los seres vivos responden a estímulos o cambios fisicoquímicos de su medio ambiente inmediato. e) *Crecimiento*: lo cual es el aumento de la masa celular. f) *Reproducción*, g) *Adaptación*: que es la capacidad de un ser vivo de adaptarse a su medio (Vilée, 1996, p. 21, 22, 23).

A pesar que en una definición de lo vivo algunos libros generales de Biología más modernos como Curtis y Barnes (2000) ya enfatizan el papel de la autonomía y la autorregulación como esenciales al atacar este problema, como se ve no hay consenso en cuando al punto a), pues se ha enfatizado el estudio de componentes aislados, y muchas veces se ha relegado la pregunta sobre qué hace que un organismo este vivo al simple hecho de si se reproduce o no. Por lo tanto, clarificar esto es la ambición de Varela y de Maturana en su tiempo.

5.2. Organización y estructura

Varela y Maturana se refieren a los seres vivos como “sistemas o máquinas vivientes”, lo cual como metáfora nos es útil para comprender sus ideas: “si uno quiere entender una clase específica de máquinas, es obviamente insuficiente dar una lista de sus partes o definir su propósito como un artefacto humano” (Varela, 1979, p. 8). La forma para salvar estas insuficiencias es describir las interrelaciones posibles de los componentes de la máquina, que permiten entender las posibles transiciones a través de las cuales puede pasar. Agrega: “Si uno quiere implementar cualquier máquina, entonces, al elegir los componentes, se debe tener solamente en cuenta

aquellos cuyas propiedades satisfacen las interrelaciones deseadas para llevar a la secuencia de transiciones esperada que constituye la descripción de la máquina” (p. 9).

Las relaciones que determinan una máquina como *unidad*, y determinan la dinámica de interrelaciones y transformaciones que están detrás de esta unidad, se denomina *organización*. Por otro lado, las relaciones que se mantienen entre los componentes propios de una máquina concreta *en un espacio – tiempo dado*, constituyen su *estructura*. Dentro de esto, se puede decir que en abstracto, una máquina viviente como cualquier animal está definida por su organización *para ser un ser vivo*, por lo tanto *cualquier ente que exhiba esta organización puede ser considerado vivo*. Ahora la *estructura*, se despliega en cualquier ser viviente real que ocupa un espacio y un tiempo en el mundo (fig. 10).

La organización de una máquina (o de un sistema) *no especifica las características de los componentes que constituyen ese sistema como algo concreto en el mundo*, solo especifica las relaciones que estos componentes deben generar para constituirlo. Por lo tanto, la organización de la máquina es independiente de las propiedades de sus componentes, que es arbitraria, y una máquina puede estar implementada en cualquier estructura.

Sin embargo, hasta el momento Varela habla de *máquinas y sistemas* en general, no de sistemas *vivientes*. Existen diversos tipos de sistemas que mantienen algunas de sus variables constantes, o en un rango limitado de valores. A los sistemas que logran realizar lo dicho se les denomina máquinas *homeostáticas* (Wiener, 1948), en las cuales todas las retroalimentaciones son internas.

Además, el uso que se dé a una máquina es relevante para distinguir un sistema inerte de uno viviente, pues es fácil confundirlas desde este punto de vista. Este uso no es materia de la organización de la propia máquina. Tiene que ver con la descripción que como observadores hagamos de la máquina operando en el contexto en el que lo hace.

5.3. Sistemas o máquinas vivientes

Para definir lo que es un sistema viviente, Varela plantea algunos elementos a tomar en cuenta: cualquier explicación sobre un sistema *vivo* debe contener al menos dos aspectos complementarios. Como existe una matemática sobre el magnetismo y objetos en el mundo que despliegan las propiedades magnéticas, es necesario que

exista una descripción en cuanto a la organización de un ente magnético (asimilable a la matemática del magnetismo) y a su estructura (asimilable a la materialidad de un objeto magnético). La primera debe contener la configuración dinámica que deben exhibir los componentes, y que un observador es capaz de distinguir al diferenciar un sistema magnético como tal en su ambiente, y la segunda debe abordar las relaciones entre componentes propias de un ente magnético que exista en el mundo. Por lo tanto, cualquier sistema biológico puede ser tratado en términos de sus propiedades como ente específico en el mundo, y en torno a las características de sus componentes, sobre todo físicas. Pero lo que es específico de la Biología no es sólo este análisis. Esto, para Varela, sigue siendo Física. Lo que es propio de la Biología es el análisis de las relaciones que constituyen un sistema vivo, es decir su organización, por lo tanto la Biología no es reducible a la Física.

Con el fin de dilucidar qué tipo de relaciones caracteriza a las *máquinas vivientes o sistemas vivos puros*, Varela continúa diciendo que en estos casos el fenómeno de la homeostasis toma diferentes direcciones: Primero, convirtiendo cada proceso homeostático en un proceso interno constituido por múltiples conexiones de procesos más básicos. Segundo, estableciendo estas conexiones como la fuente de la identidad del sistema, es decir, como aquello que le brinda unidad concreta de forma que podemos como observadores distinguirlos en el mundo. Los sistemas vivos son sistemas que, en un sentido amplio, producen su propia identidad; se distinguen a sí mismos del ambiente. Y de aquí nace la noción de *autopoiesis*, que etimológicamente del griego quiere decir “autoproducido”.

En resumidas cuentas un sistema vivo, es decir *autopoiético*, está organizado como una red de procesos de producción *de sus propios componentes* (generación, transformación y desintegración) a través de: (1) interacciones y transformaciones para regenerar continuamente los propios componentes y desplegar la red de procesos y relaciones producidos por el mismo, lo cual (2) lo constituye como una unidad concreta en el tiempo espacio, en el cual existe especificando el dominio topológico de su despliegue como red de relaciones y procesos (Varela, 1979).

Lo anterior implica que un sistema autopoiético es un sistema homeostático, que a diferencia de los sistemas homeostáticos inertes tiene su propia organización como norte, de forma que ésta permanezca sin variaciones mayores. Por ejemplo, observemos una célula: ésta existe sólo para producir, a través de sus relaciones internas, moléculas que permitan mantener su organización como unidad, como

pueden ser proteínas, lípidos o ácidos nucleicos, con el fin de servir a los procesos internos esenciales para la supervivencia: reparar su membrana, mantener su metabolismo, o reproducirse, entre otros.

La hipótesis anterior ha sido investigada a través de diversas formas. Un ejemplo es lo que se denomina “sistemas autopoieticos mínimos”, que nos indica cómo de forma espontánea surgen patrones de autoorganización autopoietica en simulaciones con ordenadores y cómo estas se combinan con patrones evolutivos para generar complejas interrelaciones viables en la naturaleza (McMullin & Varela, 1997; McMullin & Gross, 2001; Wiedermann, 2005). Se han realizado ciertos intentos de formalizar matemáticamente los preceptos de Varela y Maturana aplicados a interacciones sociales animales (Nomura, 2003) y a sistemas metabólicos simples (Nomura, 1997).

Siguiendo en la línea de las ideas anteriores, podemos obtener la definición de *identidad* en los sistemas vivos: *mantención de la propia organización a través de la autopoiesis* (Varela, 1979, p. 13). La autopoiesis *se distingue como una clase específica de organización entre otros sistemas homeostáticos, y por ende, como la clase de organización propia de los seres vivos*. Por ejemplo, comparemos un ser vivo con un automóvil: hay una interrelación de procesos que lo mantienen funcionando como tal y que permiten que el ser humano lo pueda utilizar, pero estos procesos no generan en ningún sentido los propios componentes del automóvil; es más, si uno falla, hay que cambiarlo, y si no se cambia, el automóvil no funciona en un contexto humano e incluso puede no funcionar más. Estos componentes, son producidos por una cadena de ensamblaje, en una fábrica en Corea, es decir, *un conjunto de procesos concatenados e interrelacionados externos al auto como unidad*. En definitiva, un automóvil no es un sistema autopoietico sino allopoiético, y por lo tanto, inerte.

5.3.1. Implicancias de la autopoiesis

Las implicancias de la autopoiesis en los sistemas vivos, según Varela y Maturana, son variadas:

1. Los sistemas autopoieticos son autónomos: Es decir, subordinan todo cambio a la mantención de su propia organización, independientemente de cuán profundos sean estos cambios durante el proceso. Otras máquinas, las allopoiéticas, tienen como

producto de su funcionamiento algo distinto de sí mismas, como en el ejemplo del automóvil.

2. Las máquinas autopoieticas tienen individualidad: Es decir, manteniendo su organización invariante a través de la continua cadena de producción de componentes necesarios para su propio funcionamiento, mantienen una identidad que se destaca del ambiente de forma que podemos distinguirla como observadores. Las máquinas allopoiéticas por su lado, tienen una identidad que depende del observador (o de quien las use), pero que no está determinada por su operación, porque sus productos son diferentes a sí mismas. Por lo tanto, son definidas gracias a otro ente que las observa. Si un marciano viniera a la tierra y como observador viera un automóvil detenido, podría perfectamente considerarlo parte del paisaje; en cambio a un ser humano o a un animal no; inmediatamente diferenciaría entre lo inerte y lo vivo, y perfectamente podría considerarlo hostil, por ejemplo, entrando a una dinámica relacional automática que a su vez se transforma en otro sistema.

3. Las máquinas autopoieticas son unidades gracias, y solo gracias destaca Varela, a su organización autopoietica específica: *sus operaciones especifican sus propios límites en su proceso de autoproducción de componentes*. En el caso de las máquinas allopoiéticas, sus límites son designados por el observador que quiera mirirlas o usarlas, el cual al interactuar con sus inputs o outputs, establece para qué le sirve. Un ordenador, por ejemplo, puede servir para cientos de cosas, y esto depende de cómo lo usemos y de las capacidades del computador. La unidad autopoietica también puede servir para miles de cosas, desde el punto de vista de un observador, lo que explica como veremos más adelante por qué un sistema autopoietico puede ser visto como un sistema allopoiético; pero al observarlo como objeto en sí, aislado del observador, el sistema autopoietico sirve a si mismo *sólo para mantener su organización*.

4. Las máquinas autopoieticas no tienen inputs y outputs. Pueden ser *perturbadas* (o irritadas, como veremos más adelante) por eventos independientes de su organización que generan cambios estructurales internos para compensar estas perturbaciones. Si las perturbaciones se repiten, el sistema autopoietico repite esta serie de cambios internos, que pueden o no ser idénticos. Sin embargo, sea cual sea

la forma en que se den estos cambios, deben estar subordinados a mantener la organización y a conservar la unidad y la identidad como sistema, para evitar la desintegración y muerte del mismo.

5. La estructura física de un sistema autopoietico, varía de acuerdo a la naturaleza de los materiales físicos que lo componen.

Por lo tanto, existen en la naturaleza una diversidad enorme de sistemas autopoieticos. Sin embargo, el rol de la estructura (aspecto que será profundamente analizado más adelante) *determina las perturbaciones a las cuales el sistema autopoietico se expone sin sufrir la desintegración o muerte*. Es decir, si tenemos un sistema autopoietico como un “colibrí”, las perturbaciones serán distintas a las de un sistema autopoietico como un “humano”, siendo que ambos son seres vivos, es decir, autopoieticos, y estas implicaciones dependen del tipo de componentes que tengan, en línea con las interacciones ecológicas expuestas en el capítulo anterior. Además, podemos describir un sistema autopoietico implementado en el espacio tiempo, e incluso manipularlo, como un componente de un sistema más amplio que contiene eventos independientes que lo perturban. Como ya hemos planteado, podemos ver estos eventos perturbadores como inputs, y los cambios del sistema para compensar estas perturbaciones como outputs, pero eso solo depende de nuestra observación, y no es una característica de los seres vivos, *lo que implica que es posible entender un sistema autopoietico como parte de un sistema allopoeitico más amplio, sin la alteración de su naturaleza autopoietica*. Esto, como se puede vislumbrar, permite que un sistema con identidad y unidad gracias a su autopoiesis, pueda *ser parte como componente allopoeitico de un sistema mayor sin perder esta identidad y esta unidad*.

6. Podemos analizar un sistema autopoietico en cuanto a sus elementos componentes,

y tratarlos como mecanismos homeostáticos y autoregulatorios parciales centrándonos en sus inputs y outputs. Lo anterior, ciertamente, puede ser asimilable a lo que hace en cognición el conexionismo, en donde se simula un sistema neuronal a partir de sistemas parciales o redes que reciben inputs y despliegan outputs (Rumelhart, 1998). Sin embargo, estos subsistemas en la naturaleza existen como componentes de un sistema autopoietico mayor: el cerebro, y al analizarlo por componentes, el sistema autopoietico mayor al que pertenecen no pierde su calidad como tal: sigue siendo autopoietico.

5.3.2. Dinámica de la autopoiesis

Varela intenta definir cómo las implicancias anteriormente descritas se implementan en un ser vivo a través del tiempo de forma dinámica. Se refiere a *cómo la célula implementa espacio temporalmente la autopoiesis*, a lo cual Varela le denomina “embodiment”⁴. La Dinámica autopoietica se caracteriza por tres procesos, que intentan describir el tipo de relaciones que se deben producir y mantener para implementar la autopoiesis, entendiendo precisamente esta como esas relaciones. La fig. 11 nos servirá para comprender esto.

1. La producción de relaciones constitutivas: Las relaciones constitutivas, son relaciones entre los componentes que determinan la topología (espaciotemporal) de una organización autopoietica, y por lo tanto, sus límites físicos. Esto implica la producción de ciertas moléculas específicas (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos) que tienen la potencialidad de desplegar las relaciones necesarias para mantener la identidad que define a los seres vivos esenciales, como por ejemplo, una membrana plasmática, la formación de un núcleo, de organelos, etc. En definitiva, este tipo de relaciones establece el tipo de componentes fisicoquímicos con las características necesarias para servir a la mantención de la organización de la células.

2. La producción de relaciones de especificaciones: Relaciones de especificación son relaciones que determinan qué propiedades de las muchas que poseen los componentes fisicoquímicos elegidos y útiles, son necesarias para la mantención de la autopoiesis, distinguiendo y potenciando aquellas características que sirven de las que no sirven. Estas relaciones de especificación, que al parecer tienen que ver directamente con la capacidad de producción de sustancias con fines internos o externos de la célula, se da al interior de la célula, en el sustrato topológico o espaciotemporal determinado y mantenido por las relaciones constitutivas.

⁴ En este pasaje, por lo tanto, tenemos otro sentido original de corporalización tal como Varela lo planteó hacia el año 1979.

3. La producción de relaciones de orden: Que son aquellas que determinan los procesos (reacciones bioquímicas por ejemplo) necesarios para la implementación espaciotemporal de las relaciones de especificaciones y constitutivas. En una célula están determinadas por algunas moléculas (metabolitos) que controlan, por ejemplo, la velocidad de producción de estas relaciones constitutivas y de especificación.

Lo anterior, resume tres procesos a los cuales se aboca un ser vivo en su ciclo vital: a mantener sus límites espaciotemporales dados por su estructura topológica, a mantener su producción interna, y a mantener el control de los tiempos y momentos en que estos procesos deben realizarse al interior de la célula. Si no se mantienen los límites, es la muerte celular; el más claro ejemplo es que no se mantenga la membrana plasmática y que los elementos internos a la célula se disuelvan en el ambiente. Si no se mantiene la producción, por otro lado, el ser vivo también muere. Por ejemplo, si no se mantienen estas relaciones de especificación que aseguran la generación de procesos en la célula, ante una perturbación externa que la dañe esta no podrá recuperarse, porque no se están produciendo los componentes con las capacidades útiles para realizar una reparación. Por último, si no se mantienen las relaciones de orden, la célula puede por ejemplo no tener la capacidad de regular la velocidad de sus procesos, enlenteciéndolos o acelerándolos. Esto significa que también, ante una perturbación externa, la célula no se podrá adaptar a esta. Por ejemplo, si bajamos la temperatura, y no existen estas relaciones de orden, realizadas por metabolitos y enzimas, la célula no podrá acelerar su metabolismo para compensar esta variación y por ende su funcionamiento no será suficientemente veloz para adaptarse y morirá.

Tomando en cuenta todo lo descrito anteriormente, Varela en cierta forma concuerda con los hallazgos en simulaciones expuestos en el capítulo anterior, tanto en células como en moléculas simuladas (Ben Youssef, Cheng, Zygorakis, & Markenscoff, 2007; Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001; Kaneko, 1992, Shenhav, Solomon, Kafri & Lancet, 2005; Ben Jacob, 2003) siendo que al parecer, no hay conexiones entre estos investigadores, o al menos, los segundos no reportan trabajos de Varela o Maturana en sus bibliografías. Sin embargo, nociones como la constitución de los límites de una colonia de células virtuales, son asimilables a las relaciones de constitución de Varela; la robustez, es asimilable a las relaciones de especificación y orden de Varela, e incluso la diferenciación celular encaja con el concepto de Varela de estructura, donde a pesar

de que un organismo multicelular posee células de diversa índole, estas provienen de una célula común que tuvo que diferenciarse estructuralmente para compensar las perturbaciones emergentes ante la situación de la colonia en el ambiente en el cual se inserta. Por lo tanto, se mantiene la organización de la unidad esencial, pero su implementación espacio temporal varía en su progenie en la medida en que esta célula comienza a reproducirse, de forma que la célula germinal se diferenciará en una neurona o en una célula muscular sin perder su organización.

5.3.3. Individuo → Ontogénesis, Especie → Filogénesis

Indispensable para este capítulo es comprender lo que Varela entiende por individuo, y aquí es necesario incluir los conceptos de reproducción y evolución. Para esto, Varela plantea que “la diversidad de los seres vivos es aparente, y depende de fenómenos como la evolución y la reproducción” (Varela, 1979). Sin embargo, *lo que evoluciona y se desarrolla no es la organización del ser vivo, sino su estructura, por lo que el ser vivo sigue estando definido por su organización autopoietica*. Si el ser vivo cambia esta organización, entonces varía la autopoiesis, y esta se convierte en otra cosa indefinida y distinta, y el resultado de eso, es la disolución del organismo vivo por que ha perdido lo que lo define como vivo: su autopoiesis y su identidad. Lo anterior no es baladí, y debe ser entendido casi como un axioma de los seres vivos: si cambia la autopoiesis, *no hay vida*. Por lo tanto, lo que se desarrollaría, y cambiaría, es *la estructura del ser vivo*, como implementación físico - química de su organización como tal.

Otros aspectos relevantes, son algunas implicancias más de la autopoiesis como fenómeno:

1. La forma particular, físico química y espacio temporal, que adopte una unidad autopoietica cualquiera (es decir un ser vivo) depende de la forma particular también, en que su autopoiesis se implementa.
2. Toda la fenomenología biológica esta necesariamente determinada e implementada a través de *individuos*, (es decir a través de unidades autoorganizadas en un espacio físico) y estos fenómenos biológicos consisten en todos los patrones de transformaciones que se llevan a cabo, de manera singular o en grupos, en el proceso

de mantener invariante la organización individual de las relaciones que caracterizan al individuo vivo, es decir en su ciclo vital.

3. Si en el proceso de sus interacciones, el organismo vivo pertenece a una unidad mayor (como es el caso de un tejido en un organismo multicelular) y esta nueva unidad es autopoietica, su fenomenología depende de la mantención de la organización de la unidad mayor.

4. La *identidad* de una unidad autopoietica, se mantiene en tanto permanezca su organización, es decir, realizando transformaciones ante una perturbación interna o externa para mantener su unidad. Estas trayectorias de cambios, son su *historia*, y la *identidad* es la historia de un ser vivo como individuo unitario.

De esto se extrae la definición de Ontogenia. La Ontogenia es la historia de las transformaciones de una unidad para enfrentar las perturbaciones internas y externas de la propia unidad, con el fin de mantener su organización, la cual debe permanecer sin variaciones. Como consecuencia de la invariabilidad de la organización del organismo vivo, la forma en que esta organización se implementa en la realidad espacio temporal cambia durante su ontogenia, con la sola condición de que estos cambios deben producirse manteniendo ininterrumpida su autoorganización. Hay dos fuentes de perturbaciones que llevan a deformaciones en la estructura de un ser vivo sin alterar su autopoiesis: internas y externas. Sin embargo, para el organismo y desde el punto de vista de la mantención de la organización, ambas son indistinguibles, es decir, da lo mismo si son externas o internas; son simplemente perturbaciones.

Según esto, dos sistemas con la misma organización autopoietica pueden tener ontogenias diferentes producto de su interacción con estas perturbaciones, que nunca son iguales a pesar que los dos seres sean iguales. Por lo tanto dos sistemas vivos equivalentes tendrán ontogenias distintas, y por ende estructuras distintas, como es el caso de dos células somáticas de un ser humano, donde una se diferencia en una neurona y la otra en una célula muscular, o dos elefantes de una misma manada, o de dos gemelos, que viven y se crían juntos pero el resultado de su ontogenia es que uno es adicto a la computación mientras el otro se adhiere a una tribu urbana.

Luego Varela afirma algo muy relevante para los sistemas autoorganizados humanos, como veremos más adelante: "*las continuas interacciones de un sistema estructuralmente plástico – como es un sistema vivo – en un ambiente con constantes*

perturbaciones producirá una continua selección de la estructura del sistema" (Varela, 1979, p. 33), es decir, la estructura cambiará dependiendo de estas perturbaciones, y al cambiar la estructura, *el sistema se someterá al arbitrio predominante de un tipo de perturbaciones más que de otro*. Este proceso, es definido como "*acople estructural*" (Maturana & Varela, 1980, 1994) (fig. 12 y 32), y si consideramos el ambiente y al sistema como otro sistema estructuralmente plástico mayor, entonces ambos tendrán una *historia conjunta de transformaciones estructurales*, estableciendo las trayectorias de cambios a través del tiempo entre sí de forma dinámica y sin control central (como se ve, esta noción tiene mucho de las nociones de los sistemas dinámicos, incluso aplicados en la cognición. Recuérdese Beer, 2000; Van Gelder, 1997; 1998)

Ahora, la reproducción de un sistema autoorganizado requiere de una unidad que sea reproducida, lo cual a su vez es otro argumento para defender la tesis de la unidad de un individuo como elemento válido para toda situación en que exista un organismo biológico como parte de la ecuación que constituye un sistema. Para Varela la reproducción es un fenómeno secundario para establecer una unidad, y no entra necesariamente en la definición última de organización de sistema vivo. Sin embargo, *la reproducción es vista como una complejización de la autopoiesis de una unidad*.

Por último, Varela habla también de la evolución. Es sabido que en Ciencias Biológicas este es un tema en torno al cual hay relativo acuerdo, y es sabido que Maturana, colega de Varela y gestor junto a este de las ideas expuestas hasta ahora, en trabajos posteriores ha propuesto una teoría de la "*Deriva Natural*" (*Natural Drift*) (Maturana & Mpodozis, 2000; Etxeberria, 2004) que ha causado revuelo y ha acumulado tanto detractores como partidarios. Sin embargo, en el siguiente párrafo no es nuestro objetivo tratar la Teoría de la Evolución, a la cual adherimos, ni defender o criticar la teoría de la deriva natural, que creemos es una buena idea que espera su sustento empírico, como todo en ciencia. Realizar esto nos desviaría de nuestro objetivo, y requeriría otra tesis o un libro entero. En el siguiente párrafo, solo expondremos lo que Varela el año 1979 plantea sobre evolución y como lo intenta integrar con sus ideas en *Principles of Biological Autonomy*.

Con esto claro, el autor dice que como proceso, la evolución se entiende como la historia de los cambios de un patrón de organización corporalizada espacio temporalmente en unidades independientes, cambios que son generados a través de la reproducción secuencial de las unidades individuales en generaciones de unidades, en donde la organización particular de una unidad emerge de la modificación de la

precedente. Sin cambios en alguna de estas generaciones, no hay evolución; sin reproducción a partir de un ser vivo unitario precedente, no hay historia. De aquí se desprende la noción de filogenia de Varela, es decir la historia de cambios o mantención de ciertas características que se han producido en patrones de organización, o especies, corporalizados en unidades individuales de especies, siendo especie el resultado del proceso de selección y adaptación en una población de individuos conectados reproductivamente, los cuales son nodos en una red histórica. La ontogenia y la filogenia son fenómenos distintos; en la ontogenia la identidad de las unidades no se interrumpe. En la filogenia, un proceso de cambio histórico de la especie, hay una sucesión de identidades ontogenéticas o ciclos de vida de individuos, generadas a través de reproducción secuencial, que constituyen una red histórica, y que evoluciona de una forma distinta (en cuanto a patrones de cambio) a las propias unidades. Por lo tanto, las unidades solo tienen ontogenias, y no evolución: son las especies las que poseen evolución como tal.

5.3.4. Sistemas de nivel superior

Para entender este concepto, debemos tener en cuenta que el *acoplamiento estructural* emerge como el resultado de modificaciones mutuas en la interacción de una unidad individual con su ambiente sin que esta pierda su identidad y organización. El acople lleva, por lo tanto, al surgimiento de un nuevo sistema de nivel superior *que trasciende al individuo*, y que existe en un dominio diferente a este.

El acoplamiento de sistemas vivos es algo frecuente, según Varela, y la naturaleza de este acoplamiento está determinado por la organización autopoietica. Esto, por que como unidades autopoieticas, los seres vivos pueden – e incluso se puede decir que deben – interactuar con el ambiente y entre sí. Lo anterior, se complementa con lo encontrado por Furusawa y Kaneko (1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001; Kaneko, 1992; Kaneko et al. 2008), cuando se verifica la capacidad de interacción entre células y los patrones dinámicos que surgen de esta interacción, para darle robustez y nuevos límites al organismo multicelular como un todo.

El *sistema de orden superior* generado a través del acoplamiento estructural de unidades autopoieticas, se constituye en una unidad autopoietica a su vez. Sin embargo, si este sistema de orden superior no está definido por la dinámica de la

autopoiesis, es decir, por relaciones de constitución, especificación y orden, no es un sistema autopoietico, y *la aparente organización de esta unidad está dada por la autopoiesis de sus componentes*. Si sucede lo contrario, estamos ante la implementación de un sistema autopoietico de orden superior (que denominaremos desde ahora en adelante organismo multicelular), que está implementada en algún espacio tiempo. Incluso, estas unidades autopoieticas u organismos multicelulares constituidos por componentes autopoieticos, se las arreglan para reproducirse a través de mecanismos desarrollados por la evolución como el intercambio de gametos con la mitad del contenido genético propio de la unidad multicelular (Curtis & Barnes, 2000; Madigan, Martinko & Parker, 2004; Smith, & Smith, 2003; Furusawa & Kaneko, 2002; Lodish, Berk, Zipursky, Matsudaira, Baltimore & Darnell, 2000), tal como destacamos en el capítulo anterior.

5.3.5. Cierre organizacional

De todo lo anterior, Varela, concluye algo relevante:

“Los sistemas autónomos son sistemas dinámicos definidos como unidad por su organización. Lo que estamos diciendo es que los sistemas autónomos están cerrados organizacionalmente. Esto es que su organización se caracteriza por procesos que: (1) se relacionan entre sí como una red, por lo que dependen recursivamente entre sí para la generación e implementación de sus propios procesos, y (2) constituyen un sistema como unidad reconocible en el espacio en el cual los procesos existen”

(Varela, 1979, p. 55)

Lo anterior, implica que los procesos que especifica una organización cerrada son de cualquier tipo tal que ocurran en el espacio definido por las propiedades de los componentes que participan en estos procesos. El cierre organizacional emerge a partir de la concatenación circular de procesos que constituyen y mantienen la red interdependiente de componentes de un nivel inferior, es decir, en el caso de los sistemas multicelulares emerge de la concatenación circular de procesos que mantienen al organismo multicelular, provenientes del funcionamiento de una red organismos unicelulares, en la cual los nodos de esta red son precisamente las células unitarias. Esta red de procesos está destinada a mantener la homeostasis y más que nada la organización del organismo multicelular como totalidad. Una vez que esta circularidad emerge, sin fin ni término y sin inputs ni outputs, el sistema multicelular se

mantiene a sí mismo a partir de su propia operación como unidad multicelular, y resiste las contingencias y perturbaciones de su ambiente y de su interior como un todo, sin que sea posible cambiar esta circularidad desde el exterior de forma directa, sino solo a través de cadenas de perturbaciones. Estas perturbaciones provocarán irritaciones en el organismo multicelular, que impulsarán cambios internos en la dinámica autopoietica posibles de desembocar en cambios estructurales del sistema vivo que son poco predecibles. De estos cambios sólo se puede afirmar que están destinados a mantener la organización inalterada del ser vivo a través de realizar todas las variaciones estructurales que sean necesarias, o por otro lado, que existe la posibilidad de que estos cambios estructurales no sean suficientes y se pierda la autopoiesis, muriendo el organismo.

Los cambios planteados anteriormente, como se ve, no siguen un esquema lineal causal, en el cual existe una o un conjunto de causas determinantes que una vez manipuladas, necesariamente producen el efecto esperado, siendo aquellas situaciones en las que este cambio no se produce, simples errores sin significación estadística. El paradigma lineal causal nos permite tener control, a través de mecanismos externos y ajenos al sistema, y como planteamos desde el principio del capítulo, la capacidad de tener control sobre un sistema cualquiera lo convierte en un sistema allóno, y por lo tanto, no vivo. En un sistema vivo, al contrario, no se podría establecer un control al estilo del esquema lineal causal con mecanismos externos al funcionamiento del sistema.

5.3.6 El sentido de “cognitivo” en el marco de la Biología Teórica

Varela, tiene un sentido propio sobre lo “cognitivo” en su libro *Principles of biological autonomy*. Su concepto es esencial en esta tesis, puesto que lo llamaremos a colación varias veces en los próximos capítulos, por lo que será necesario analizarlo profundamente. Con este objetivo, en la página 57 leemos algo interesante y a la vez misterioso:

“Es claro que una vez que una unidad se establece a través del cierre (organizacional), genera el dominio en el cual podrá interactuar sin perder su cierre o su identidad. Este dominio es un dominio de interacción descriptivo, relativo al ambiente tal como es visto por el observador, es decir, el dominio cognitivo de la unidad.”

(Varela, 1979, p.57)

La noción de Varela de lo cognitivo puede analizarse a partir de esta frase de dos formas: Una, que tiene que ver con la interacción del organismo vivo con su ambiente, y otra que tiene que ver con el observador, que mira a este organismo interactuar. A pesar que al parecer Varela plantea una diferencia entre estos dos niveles, para efectos de esta tesis nos enmarcaremos en el primer sentido, puesto que la segunda implica a un observador humano, el cual es un punto de vista que como hemos expuesto, es necesario dejar de lado para abandonar la tendencia antropomórfica que la investigación en cognición ha tenido hasta ahora. Esta es la única razón para no abordarlo en este momento, puesto que claramente, el sentido de cognición en el ser humano es un tema esencial, cuyas implicancias serán tratadas en el Capítulo VIII y en el Epílogo.

Ya más adelante, podemos encontrar una clarificación de lo que Varela entiende por *cognitivo*:

*“La intención (...) es mostrar cómo los mecanismos de identidad de un sistema autónomo se relacionan con el establecimiento de interacciones **cognitivas** con su ambiente. En otras palabras, argumentaré que los mecanismos de conocimiento y los mecanismos de identidad son dos lados de una misma moneda sistémica”.*

(Varela, 1979, p.211)

Por lo tanto, Varela intenta dar una definición de cognición en torno a todos los tópicos y conceptos que hemos revisado hasta ahora, planteando que cognición y organización de sistemas autónomos son dos mitades del mismo fenómeno. Dentro del mismo libro, intenta demostrar esto con dos sistemas al interior de un organismo multicelular, que son el sistema inmunológico y el sistema nervioso (Varela, 1979; Varela, Andersson, Dietrich, Sundblad, Holmberg, Kazatchkine, & Coutinhos, 1991; Lundkvist, Coutinhos, Varela & Holmberg, 1989). Ambos sistemas, para Varela, poseen *plasticidad estructural*, que se podría definir como la capacidad de estas organizaciones autónomas de manifestar cambios en su estructura o en el cómo están implementadas en el espacio tiempo; en palabras de Varela “*cómo los componentes específicos que implementan su cierre (organizacional) pueden ser modificados y cambiados bajo perturbaciones desde el ambiente*” (Varela, 1979, p.211) (fig. 12). Conceptos relevantes dentro de esta explicación serían el *acople estructural*, que ya definimos en párrafos anteriores, y el *dominio cognitivo*, que analizaremos en profundidad ahora.

Para entender lo segundo, Varela agrega que “la forma en que los mecanismos generan identidad en el sistema y cierre organizacional, es proporcional a la forma en que se genera dominio cognitivo y plasticidad estructural”. (Varela, 1979, p. 260). En ambos casos, la estabilidad se mantiene a través de cambios estructurales ininterrumpidos, por lo tanto todos los sistemas con plasticidad estructural (es decir la capacidad de poseer acoplamiento estructural con el ambiente y permitir cambios en su estructura al interactuar con el ambiente sin perder su organización) tienden naturalmente a poseer dominio cognitivo o “el dominio de interacciones que un sistema autónomo puede llevar a cabo gracias a su plasticidad estructural sin perder su cierre (organizacional)” (Varela, 1979, p. 263) (fig. 13). Beer (2004) aporta a esta definición planteando que es “la habilidad de una unidad de establecer distinciones a través de su respuesta selectiva a perturbaciones”. Por lo tanto, en el contexto de estas ideas, el comportamiento y la cognición no solo forman parte del dominio de capacidades del cerebro, sino que cualquier sistema biológico (incluyendo una célula o una planta) es capaz de interactuar selectivamente con su ambiente y al menos poseer un dominio cognitivo rudimentario. Lo anterior, agrega Beer, no deja afuera el hecho de que la presencia de un sistema nervioso, propiedad reservada solo a organismos multicelulares, enriquece significativamente los dominios cognitivos de los animales que los poseen, incrementando los estados internos que deben ser mantenidos y por lo tanto los cambios estructurales que pueden ser tolerados ante perturbaciones. Los sistemas nerviosos expandirían de manera exponencial el rango de interacciones que un organismo puede tolerar sin perder su organización (Beer, 2004).

Para comenzar a finalizar este capítulo, es necesario agregar que las herramientas conceptuales que entrega la Biología Teórica de Varela y Maturana resultarán esenciales para nuestra comprensión de la naturaleza de las unidades de análisis para la Ciencia Cognitiva, y los límites de un agente cognitivo. Sin embargo, es sabido que son elementos teóricos aún no aceptados por todos los biólogos, quizás porque, insuficientemente comprendidos, son aplicados liviana y parcialmente a diversos ámbitos, tanto científicos como pseudocientíficos. Para salvar este problema, se puede decir que la física cuántica, con un potente conjunto de evidencia que la avala a estas alturas, también es utilizada por ciertas disciplinas paracientíficas para justificar sus hipótesis no comprobadas, lo cual sin embargo no altera la potencia explicativa de una teoría como esta.

Los cambios en ciencia son paulatinos, y generalmente tienen que ver con la acumulación de evidencia y el fracaso de concepciones tradicionales (Kuhn, 1996). Consideramos que el enfoque de Varela y Maturana es una teoría revolucionaria destinada a constituirse en una teoría general de la vida en el futuro, si logra salir exitosa ante el rigor de las pruebas empíricas.

Visto esto, en la recopilación de este capítulo hemos querido desplazarnos lo más apegadamente posible a las fuentes originales, intentando recoger los conceptos que los mismos autores propusieron en esa época y dejando fuera cualquier modificación posterior a sus ideas originales, incluso, modificaciones que los mismos autores han realizado. Analizar profundamente *Principles of biological autonomy* más otros escritos junto a Maturana, representa este ánimo.

Sin embargo, sabemos que conceptos como los expuestos en este capítulo no son de manejo de personas poco ligadas a la biología, a pesar que sus contenidos tengan una relevancia vital para otras disciplinas. Por esta razón, rogamos consultar el glosario y los esquemas adjuntos.

Capítulo VI

Comunicación: antecedentes.

6.1. Dominio comunicativo

Varela define el dominio cognitivo como “el dominio de interacciones que un sistema autónomo puede llevar a cabo gracias a su plasticidad estructural sin perder su cierre (organizacional)” o simplemente su identidad como ser autoorganizado (Varela, 1979). Sin embargo, Maturana y Varela agregan a esto lo que denominan “dominio comunicacional” (fig. 13):

“Dominio comunicativo: una cadena de interacciones eslabonadas que, aunque la conducta de cada organismo en cada interacción sea determinada internamente por su organización autopoiética, dicha conducta es para el otro fuente de deformaciones compensables, y por lo tanto, puede calificarse de significativa en el contexto de una conducta acoplada”.

(Maturana & Varela, 1980, p. 136; 1994, p. 133)

Definiciones como las anteriores nos llevan a preguntarnos: Si el dominio cognitivo, es este conjunto de interacciones entre el organismo vivo y su característica de plasticidad estructural con el ambiente, y si el *dominio comunicacional* es lo planteado en la cita ¿De qué está constituida esta interacción, cuales son sus componentes materiales, sus vehículos? Está claro que si vamos a hablar científicamente de estas interacciones, debemos remitirnos a un mundo material y a qué de ese mundo material tiene las capacidades para generar un dominio cognitivo o comunicacional. ¿Cómo se despliega esta interacción, que patrones tiene? ¿Qué implica que la conducta de un organismo A sea fuente de “deformaciones compensables” para un organismo B? ¿A qué se refieren los autores al decir que esta conducta es “significativa” en el contexto de una conducta acoplada?

Claramente la definición preliminar de dominio comunicacional de Varela y Maturana contiene muchos aspectos no aclarados pero a la vez sugerentes, y no es casualidad que le asignaran el rótulo de “*comunicacional*”. Creemos que esto es por que los autores consideraban que este fenómeno estaba regido por las leyes de la biología, con un peso importante en las interacciones entre seres vivos. Sin embargo,

según nuestra revisión bibliográfica el tema del dominio comunicacional no fue desarrollado en profundidad por estos autores, ya que derivaron en proyectos de investigación divergentes, uno relacionado con la Neurociencia (Varela), y el otro con la biología del amor y algunas técnicas terapéuticas (Maturana).

Es por esto que en el presente capítulo, nos preocuparemos de analizar el fenómeno de la comunicación en profundidad, pues tal como argumentaremos en este y los siguientes capítulos, sospechamos que posee un rol determinante en los fenómenos cognitivos, y nos servirá para delimitar la unidad de estudio de las Ciencias Cognitivas.

6.2. Conceptos de comunicación

Siguiendo las preguntas y sospechas anunciadas anteriormente, creemos que estas "... interacciones que un sistema autónomo puede llevar a cabo gracias a su plasticidad estructural sin perder su cierre", que son "para el otro fuente de deformaciones compensables" mencionadas como parte del *dominio cognitivo y comunicativo*, están constituidas precisamente por *comunicación*. Sin embargo, hasta ahora el estudio científico de la comunicación dista mucho de proporcionar una definición de la misma que abarque los fenómenos posiblemente comunicativos que se den en organismos animales inferiores distintos al humano, tal como Varela y Maturana estaban sugiriendo tácitamente.

El tema de la comunicación ha sido largamente estudiado por dos ciencias: la Etología más ligada a la epistemología biológica, y las Ciencias Sociales (Psicología y Sociología), en donde el fenómeno comunicativo se reduce siempre a comunicación humana, predominando el lenguaje. Pero hay un referente aún más antiguo, que permea los proyectos investigativos de ambas ciencias. Se trata de la *teoría matemática de la comunicación* propuesta por Shannon (1948; 1998a, 1998b), un cuerpo argumentativo sólido que ha servido de inspiración y base para las teorías cognitivas clásicas computacionalistas.

A continuación, resumiremos lo esencial de esta teoría matemática de la comunicación desarrollada por Shannon, analizaremos brevemente algunas ideas alternativas provenientes de la Etología, la Sociología y la Psicología que abren el campo a estudiar algo más que el mensaje mismo, el canal y las fuentes de ruido, e intentaremos dar argumentos en torno a una nueva visión sobre el fenómeno de la comunicación en organismos vivos en el capítulo VII. El objetivo de lo anterior, es

desarrollar las propuestas iniciales de Varela y Maturana en torno esto, y sentar las bases para una teoría naturalizada de la comunicación que sirva como alternativa a la propuesta de Shannon, y como eje de los desarrollos en Ciencias Cognitivas asociados a los enfoques alternativos y corporalizados.

6.2.1. Teoría Matemática de la Comunicación

Wiener (1948) ubica el origen de esta teoría de la comunicación en el ocaso de la época de las máquinas a vapor, es decir, al finalizar la edad industrial en el siglo XIX. Lo que denomina “ingeniería de la comunicación”, vino a capturar la imaginación de científicos e ingenieros cuando falló el cable trasatlántico de telégrafo hacia la mitad del siglo XX. Científicos e ingenieros como Gauss, Wheatstone, y los primeros telegrafistas cooperaron con esta tarea, y los desarrollos del radar, y el control del tráfico aéreo durante la 2ª Guerra Mundial, impulsaron a que matemáticos y físicos comenzaran a tratar el tema, que con la irrupción de los ordenadores (Wiener, 1948), fue tomando más forma hacia lo que Shannon (1948) describe en su texto cuyo título encabeza este apartado. Lo anterior, lleva a Wiener a firmar que:

*“El estudio de los autómatas, ya sea **en lo mental** o **en la carne**, es una rama de la ingeniería en comunicación, y sus nociones cardinales son el mensaje, la cantidad de distorsión o ‘ruido’ – un término extraído de la ingeniería telefónica – la cantidad de información, las técnicas de codificación, entre otras”*

(Wiener, 1948, p. 54)

Claramente, no estamos de acuerdo con Wiener en todos sus términos. Sólo rescatamos de esta cita aquella parte que se refiere al estudio de los autómatas como una rama de la comunicación, afirmación que resulta visionaria desde nuestro punto de vista. Sin embargo, como veremos esto no es tarea de una rama de la ingeniería, sino de una ciencia que investigue la interacción entre organismos vivos desde el punto de vista de una Biología de la comunicación. Este ánimo se apreciará con el correr de las páginas.

A continuación, en su clásico paper “Teoría matemática de la comunicación”, Shannon formaliza matemáticamente los trabajos que por años realizaron ingenieros, matemáticos, físicos y teóricos en los albores del surgimiento de la primera cibernética, construyendo una elegante teoría. Sin embargo dejaremos claro desde ya

que esta formalización, que probablemente es lo mejor de esta teoría, no es nuestro tema. Nuestro tema son los supuestos esenciales de esta y aquellos factores que claramente deja afuera.

El planteamiento basal de esta teoría se resume en la siguiente frase: “El problema fundamental de la comunicación tiene que ver con que reproducir (el mensaje) en un punto sea exactamente o aproximadamente el mensaje seleccionado en otro punto” (Shannon, 1948, p. 1), es decir, que el mensaje emitido por una fuente de información sea lo mas parecido al mensaje que llega a un receptor a través de un canal. Además, afirma que los mensajes tienen significado, esto es, que refieren o son correlacionados con entidades físicas y conceptuales. Sin embargo, este tema para Shannon, no es relevante para el marco de su “problema ingenieril”.

Como sistema comunicativo, entenderemos un sistema como el que aparece en la fig. 14, que contiene los siguientes elementos:

1. Una fuente de información: que produce un mensaje o una secuencia de mensajes para ser comunicados a la terminal receptora. El mensaje puede ser de muchos tipos; por ejemplo, una secuencia de letras o de líneas y puntos como en el telégrafo. En esquemas relacionados con Psicología y Sociología, a este elemento se le denomina emisor (Lucas, García & Ruiz, 1999).

2. Un transmisor: que opera sobre el mensaje de forma que produce una señal posible de ser transmitida a través del canal. En la telefonía, esta operación consiste simplemente en cambiar la presión del sonido a una corriente eléctrica proporcional.

3. Un canal: que es meramente el medio a través del cual se transmite la señal física desde el transmisor al receptor. Puede ser un cable coaxial, de banda ancha, un rayo de luz, etc.

4. Un receptor: que recibe el mensaje y realiza la operación inversa del transmisor o codificador, reconstruyendo el mensaje desde la señal.

5. Un destinatario: que es la persona (o cosa) para la cual esta dirigido el mensaje.

Además, para Shannon hay ciertos problemas que rodean a los sistemas de comunicación, representados por el *ruido*, que es una fuente distorsión que altera físicamente el mensaje transmitido y que impide que llegue intacto hasta el destinatario.

Este esquema general ha sido utilizado ampliamente por la Psicología, la Ciencia Cognitiva y la Sociología para esquematizar el fenómeno de la comunicación, y en muchos casos se aplica a la comunicación dialogal entre dos personas, sacándole todo el bagaje matemático y simplificando el esquema. Sin embargo, esta simplificación es aparente, pues comienzan a tomar preponderancia las infinitas posibilidades y variables que influyen en que el mensaje no llegue de la forma adecuada al destinatario, en el marco de una interacción social.

En estas ciencias, se han hecho varias reestructuraciones del esquema tradicional matemático de Shannon, como la hecha por Laswell (1948). Ambas, se incluyen en *los modelos lineales de comunicación* (Lucas, García & Ruiz, 1999). En el modelo de Laswell (fig. 15.) las preguntas que se deben responder en un esquema de comunicación son ¿quién dice, qué dice, con que canal, a quien y con qué efecto? Cada pregunta se aplica a cada elemento anunciado en el esquema de Shannon. Sin embargo, al ser adoptado por las Ciencias Sociales el rol original que le dio Shannon al emisor o transmisor y al receptor fue cambiándose hacia la identidad humana de ambos, tomando en cuenta que originalmente Shannon pensó que estos elementos eran idealmente máquinas codificadoras y decodificadoras. De hecho, Shannon es cauto al incluir en este esquema el componente humano, afirmando que fuera del transmisor y el receptor, el origen del mensaje era la “fuente de información”, y el objetivo del mensaje era la “meta” o “destino”, que puede ser “una persona (o cosa)”⁵ en su paper de 1948.

Existen por otro lado, otros esquemas de la comunicación, los *modelos circulares*, que rescatan el hecho de que en una situación de comunicación generalmente existe un proceso de ida y de regreso del mensaje, o *retroalimentación* (fig. 16). Este esquema plantea que la comunicación de dos sujetos no se puede reducir a una secuencia lineal, sino que es mejor expresarla de manera circular donde

⁵ *Paréntesis en el original.*

la distinción entre emisor y receptor comienza a ser más difusa. Y aquí se inmiscuyen aún más variables que complejizan el esquema lineal de Shannon, y dejan más dudas que certezas: por ejemplo, en los modelos circulares se plantea que siempre debe haber una comunicación de retorno, ya que *no hay realmente comunicación si el receptor no se siente afectado por el mensaje*. Además, la relación que se establece entre dos personas al comunicarse tiene en cuenta factores como la relación social establecida entre ambos sujetos, o el rol social que cada uno desempeña (de poder, de familia, de amistad), la influencia de las comunicaciones anteriores, y la calidad de la retroalimentación (Lucas, García & Ruiz, 1999).

6.2.2. Los problemas ante la comunicación humana.

Al aplicar los esquemas teóricos de comunicación a la interacción humana emergen infinitos factores que alteran el mensaje, los cuales son incluso tratados como '*ruidos*' indeseables que solo alteran la calidad de este. Es por esto que en Ciencias Sociales se han elaborado clasificaciones en torno a las fuentes de ruido que agrega la interacción comunicativa humana, denominadas bajo el nombre genérico de *barreras de la comunicación*, que se clasifican como *fuentes físicas* y *fuentes psicológicas de ruido*. En las primeras tenemos cualquier fuente físico – química que interfiera en el mensaje y lo distorsione de alguna forma. Por ejemplo: el ruido ambiente en una conversación entre dos personas, e incluso el exceso de temperatura, que hace que alguna de las dos personas o ambas no atiendan al mensaje debido a que el frío o el calor distrae su atención sobre el mismo. Entre las *fuentes psicológicas de ruido*, se pueden mencionar muchas, como por ejemplo la *percepción selectiva*, donde los receptores seleccionan la información y desechan algunos elementos que consideran no son útiles o no le convienen; o *la defensa*, que se da cuando una persona no escucha el mensaje por que se siente amenazada por el emisor y este le produce una emoción como el miedo o la ira. Por último se puede mencionar el mismo uso del lenguaje, donde un lenguaje muy elevado y académico no servirá para transmitir el mensaje adecuado a personas que tengan poca formación, por lo que este se distorsionará.

También se clasifican estos problemas dependiendo del componente dentro del modelo que lo posee o que puede presentarlo, y se habla de barreras de la comunicación que tienen que ver con el emisor (como por ejemplo la influencia de variables psicológicas como la personalidad, existiendo personas con una mayor

capacidad de comunicación que otras, y que manejan mejor aspectos como el tono de voz, la capacidad de empatía e identificación con el otro, etc), el mensaje mismo (un mensaje en una interacción humana no es simplemente un “conjunto de líneas y puntos” como en la idea original de Shannon al analizar al telégrafo. En la interacción humana la comunicación se da por varios canales, ya sea lingüísticos, no verbales y proxémicos, referidos a la cercanía y las posturas del cuerpo), o el receptor, al cual podemos atribuirle los mismos problemas del emisor. Otros factores son el hecho de que para dos personas los mismos estímulos pueden despertar percepciones diferentes, y que ambas personas deben tener códigos semejantes para comunicarse (como el idioma), lo que no siempre es posible (Lucas, García & Ruiz, 1999).

6.3. Comunicación en la Etología

A partir de este apartado, comenzaremos a analizar las concepciones de comunicación presentes en otras áreas del conocimiento. Partiremos por la Etología y la Sociobiología, donde a pesar que seguiremos encontrando una aceptación de la totalidad de la propuesta de Shannon, existen algunos autores que hace tiempo están dando un paso adelante para solucionar algunos problemas con este concepto.

En Etología, nos encontramos con un fenómeno semejante al que ocurre en Ciencias Sociales. Krebs y Dawkins (1984) plantean como relevante la introducción de la teoría de la comunicación de Shannon para describir cómo se transmite información entre animales. Destacan que información en el sentido de Shannon es reducir la incertidumbre de un observador acerca de la conducta producida por una señal del emisor (que denominan “*actor*”) y desplegada por un receptor (que denominan “*reactor*”). Sin embargo, concuerdan en que existen aún discusiones acerca del contenido semántico o cómo es que la información, puesta desde el punto de vista de Shannon, puede transmitir significado. Redondo (1994) utiliza una nomenclatura semejante, diciendo que “existe comunicación entre dos animales cuando un observador externo puede detectar cambios predecibles en el comportamiento de uno de ellos (el *reactor*) en respuesta a determinadas señales del otro animal (el *actor*)”. Por su parte Wilson (1980) define la comunicación como “la acción por parte del organismo (o célula) que altera el modelo probabilístico de otro organismo (o célula) de forma adaptativa para uno o ambos participantes”. Agrega que “adaptativo” en este contexto implica que la señal, o la respuesta, o ambas cosas han sido programadas

genéticamente *en alguna medida* por la selección natural, y que comunicación no es ni la señal en si misma, ni la respuesta, sino la relación entre ambas.

Sin embargo, Wilson agrega un ejemplo muy interesante que es necesario comentar, y que denominaremos “*el problema de la bacteria luminiscente*”. Dice que cuando a una bacteria bioluminiscente del género *photobacterium* se le impide generar la cantidad suficiente del químico luminiscente (*luciferasa*), segrega una sustancia activadora de bajo peso molecular que promueve la síntesis de luciferasa en otras bacterias del mismo tipo (Eberhard, 1972, en Wilson, 1980). Luego se pregunta el autor ¿constituye este fenómeno una forma de comunicación? y la respuesta queda en veremos, pues fenómenos como estos agregan una cuota de sombra al concepto general de comunicación según E.O. Wilson.

Las definiciones anteriores, muestran someramente el estado de la concepción de la comunicación en la Etología. Como se puede apreciar a simple vista, todas las definiciones utilizan algún elemento del esquema tradicional de Shannon, ya sea la imagen del receptor y el emisor, la preponderancia de la señal como transmisora de información, o el peso del formalismo matemático que Shannon proporcionó al fenómeno. Sin embargo, desde las definiciones de Krebs y Dawkins, y de Redondo, hasta la definición de Wilson hay una evolución. Las dos primeras incluyen la presencia de un “*observador*”, lo cual introduce parte de la teorización de Varela y Maturana en torno a la biología del conocimiento⁶, y emerge el problema del significado como un tópico a investigar tanto teórica como empíricamente. Sin embargo no es nuestra intención ahondar en esto en la presente tesis, y claramente estas dos primeras definiciones poseen un contenido altamente basado en la concepción tradicional de comunicación de Shannon. Sin embargo, consideramos más relevante las afirmaciones de Wilson, cuando habla de “*adaptativo*” como el hecho de que la señal o la respuesta han sido programadas genéticamente *en alguna medida*, dejando abierta la posibilidad de que este programa emerja de otras fuentes, como puede ser la propia interacción entre seres vivos. Otro acierto de Wilson es plantear que comunicación no es ni la señal ni la respuesta ni ningún componente, sino la relación entre estos. Y por último, esta la inclusión del ejemplo de la bacteria luminiscente, donde Wilson apunta directamente a un problema dentro de las definiciones de comunicación que como reconoce, no ha podido ser aclarado: ¿Se

⁶ En la presente tesis no ahondamos en este aspecto de estas teorías, pero un buen ejemplo es posible encontrarlo en “*El árbol del conocimiento*” (Maturana & Varela, 2003) cuya referencia aparece en la bibliografía.

trata este de un ejemplo de un fenómeno comunicativo? Será necesario que el lector mantenga esto en mente para el capítulo VII.

6.4. Luhmann y sus ideas sobre comunicación

El tema de la comunicación ha sufrido variadas transformaciones y ha ido complejizándose como fenómeno desde el momento en que lo extraemos de su formulación matemática y lo situamos en el impredecible mundo de las relaciones humanas y sociales. Sin embargo, consideramos que en este campo tampoco ha habido respuestas certeras, debido a tres factores: se tienen pocas certezas en las Ciencias Sociales respecto a este proceso, siempre se ha entendido la comunicación en un contexto humano, y los científicos sociales han procurado mantenerse fieles al enfoque original de Shannon, orientado a la mantención de la pureza del mensaje. Este purismo, a nuestro parecer, subordina muchos fenómenos y aristas implicadas en el fenómeno de la comunicación (precisamente los más interesantes) a un segundo plano, como problemas e incluso como *'elementos indeseables'*, donde la mejor forma de enviar un mensaje para que llegue intacto a destino es que no existieran emisores y receptores *humanos* que solo proporcionan distorsiones y barreras, sino que esta transmisión idealmente se produjera entre máquinas precisas. Claramente un enfoque con estos supuestos solapados nunca podrá proporcionar un esquema explicativo de la comunicación, y hay autores dentro de las Ciencias Sociales que ya han visto estos problemas, como el que comentaremos en este apartado.

Niklas Luhmann, Sociólogo y principal desarrollador de la teoría de sistemas en esta ciencia, fue influenciado por los trabajos de Maturana y el mismo Varela. Aporta con una visión crítica distinta del fenómeno comunicativo, logrando atisbar que los esquemas tradicionales no sirven para abarcarlo en su total complejidad. En su obra en general, proporciona a la comunicación un rol esencial dentro de la arquitectura que define una sociedad humana, o la interacción entre personas y entre grupos de personas, llegando incluso a la polémica afirmación de que "lo que constituye una sociedad humana es comunicación", y no los individuos que la componen. En su artículo "What is communication" del libro "Theories of distinction" (Luhmann, 2002) plantea una serie de argumentos de los cuales pasaremos a analizar los más relevantes para esta tesis y para un proyecto de naturalización de la comunicación.

1. Nada se transmite: Según Luhmann, en una interacción comunicativa humana nada se transmite, lo cual es provocativo, pero consideramos, cierto. Y esto, por que los sistemas que están comunicando son sistemas vivos, por lo tanto *organizados de forma cerrada*, en donde todo lo que ingresa al sistema vivo es asimilado y transformado en algún componente que sirve al propio sistema. En el sistema humano, no *‘entran’* palabras, signos o significados, no *‘entran’* sonidos. Lo que ocurre es la transformación de perturbaciones externas de carácter físico – químico, (como ver a una persona haciendo signos con los dedos o escuchar una frase) en un impulso electroquímico que en el contexto del ser humano despierta los órganos y tejidos adecuados para su procesamiento como señal neuroquímica y para su reacción como un organismo unitario. Si algo entrara o saliera, se quebranta el cierre organizacional lo que podría significar la pérdida de la organización como ser vivo, tal como si intentáramos meter una hoja de papel escrito entre los pliegues del cerebro, para hacerlo *‘entender’*. A pesar de lo caricaturesco de este ejemplo, creemos que es útil para comprender las implicancias del cierre organizacional postulado por Varela.

2. Ausencia de módulos en la comunicación: Para Luhman, la comunicación humana tiene tres componentes: *Información, sonidos (signos más bien) y entendimiento*. Independientemente de si estos son los nombres adecuados y si es útil diferenciar estos procesos, Luhmann advierte que se dan en el contexto de una interacción autoorganizada entre organismos autoorganizados, por lo tanto nuevamente, no tenemos aquí inputs y outputs, por las razones recordadas en el punto 1. Luhmann advierte que estos componentes hipotéticos – y cualquiera que se plantee – no se sitúan uno tras otro como bloques, que existen independientemente y solo necesitan ser puestos en orden por algo o alguien, para que se produzca entendimiento.

3. Es posible comunicar, sin que haya un entendimiento completo: Es decir, que el proceso de comunicación no necesariamente implica un entendimiento absoluto, y que a pesar que no se comprenda totalmente el mensaje, se produce comunicación. Por ejemplo, la frase “Tu no me entiendes” es una frase que indica que no hay entendimiento, es decir, no habría comunicación, pero a su vez *comunica* precisamente que no la hay (Luhmann, 2002, p.159). Lo anterior implica que el

mensaje y la lucha por mantenerlo intacto, argüida por los primeros teóricos de la comunicación, es algo secundario.

4. Un sistema comunicativo es cerrado: Aplicando lo visto con Maturana y Varela, Luhmann establece que un sistema comunicativo humano es un sistema cerrado, por lo que mantiene su organización auto produciendo sus propios componentes. Por lo tanto, un sistema comunicativo es un sistema autopoietico que produce y reproduce todo aquello que le sirve al sistema como unidad. Desde el punto de vista sociológico, en este caso, la comunicación no son los componentes – emisor, receptor, mecanismos lingüísticos verbales y no verbales, etc. – sino la interacción entre ellos. Los componentes, tal como lo plantean Varela y Maturana, son secundarios, y el fenómeno comunicativo debe ser analizado como un nivel aparte, no solo atendiendo a las características del emisor y el receptor. Durante su desarrollo ontogenético, emisores y receptores generarían perturbaciones mutuas que van calibrándose a medida que se van produciendo estas mismas interacciones. Con el tiempo, estas perturbaciones y compensaciones de perturbaciones van siendo semejantes en el receptor y en el emisor, lo que los convierte en un nuevo sistema y permite una comunicación más fluida. El resultado de estas calibraciones, por lo tanto, estaría detrás del surgimiento del lenguaje humano. Lo anterior puede ser ejemplificado con un lenguaje natural: este tiene una organización en si mismo, y el emisor y el receptor han calibrado, por ensayo y error durante su desarrollo ontogenético, las perturbaciones que este permite, para finalmente utilizar el idioma de forma adecuada para producirse perturbaciones mutuas. Si el idioma es cambiado por parte de uno de los componentes, el sistema comunicativo se dificulta.

5. La comunicación no tiene propósito: Tal como un sistema autoorganizado, los sistemas comunicativos no tienen objetivos, más allá del que los componentes (emisor y receptor) les atribuyan. El fenómeno de la comunicación en si, analizándolo solo en un nivel comunicacional, solo tiene la meta de cualquier sistema autoorganizado: producir su propia estructura y mantener su organización.

6.5. El análisis comunicacional de Watzlawick y colaboradores.

Otros autores, ligados a la psicología y a las teorías de sistemas en terapia familiar, son Watzlawick, Beavin y Jackson (1981). Sus “axiomas exploratorios de la comunicación” son otro aporte en el análisis de este fenómeno, que casualmente viene ligado al estudio de las relaciones humanas con la mirada de las teorías de sistemas. Las premisas que los autores aportan y nos sirven para este análisis son las siguientes:

1. Es imposible no comunicar: Los autores parten de la premisa de que *toda conducta es comunicación*, estemos solos o no. Además, plantean que no existe una “no conducta”, ya que incluso no realizar ninguna conducta comunica algo.

2. La comunicación no solo tiene lugar cuando es intencional: Ya que si creyésemos esto estaríamos dejando fuera mucho del contenido no verbal de la interacción humana.

3. Comunicación digital y analógica: Los autores parten con un ejemplo referido a dos sistemas de control en el cuerpo de un organismo multicelular: el sistema nervioso y el sistema endocrino. Como el sistema nervioso implica la transmisión de impulsos eléctricos a través de neuronas que reaccionan en un mecanismo de todo o nada transmitiendo este impulso o no transmitiéndolo en absoluto (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002) los autores interpretan esto como la transmisión de un tipo de comunicación binaria, que califican de “digital”. En cambio el sistema endocrino, que denominan “humoral”, implica la liberación de cantidades discretas de sustancias específicas en el torrente circulatorio, que los autores denominan “analógico”. Lo anterior nos ilustra la división tradicional entre digital y analógico: por digital se entiende una información cuya “representación” (en este caso binaria) es arbitraria y no posee nada del objeto en el mundo que se comunica. Si una persona ve en el ambiente una silla, *nada de la silla como tal* se transmite en la interacción de las neuronas. Mientras que en el caso de el sistema analógico, lo que se transmite es información semejante al objeto que la genera, como ser magnitudes, energía, etc. A pesar que nos surgen algunas dudas sobre si realmente las neuronas tienen un carácter digital y el funcionamiento endocrino un carácter analógico, es interesante

como logran incluir en un fenómeno comunicativo elementos biológicos como estos dos sistemas de los organismos multicelulares, lo cual se debe tomar en cuenta a la hora de nuestro análisis.

Por último, cabe agregar que se asimila en cierto grado en estos autores que la comunicación digital está orientada a describir, en el marco de las interacciones humanas, el contenido de un mensaje asociado al lenguaje, mientras que la comunicación analógica es asociada a la comunicación no verbal de mensajes, a emociones e interacción social (Watzlawick et al, 1981; pp. 63, 64).

Como se aprecia, el fenómeno de la comunicación posee demasiadas aristas como para que continuemos aceptando sin reparos toda la propuesta de la teoría tradicional. Se hace necesario abordar estas aristas con el fin de proporcionar nuevas explicaciones a fenómenos que Shannon en su tiempo consideró irrelevantes, y el próximo capítulo intentará avanzar en este propósito.

Tercera parte

Capítulo VII:

Hacia una teoría naturalizada de la comunicación

A partir de lo expuesto sobre la teoría tradicional de la comunicación de Shannon, la visión de comunicación en Etología, y las críticas y aspectos destacados por Luhmann y Watzlawick y colaboradores, emerge con fuerza la idea de que la comunicación es un fenómeno natural mucho más amplio, que no sólo se da en humanos, pero que a través del tiempo ha sido analizado mayoritariamente en este contexto. Si existe comunicación en animales no humanos esa comunicación ¿sigue siendo simbólica? Y si no lo es, ¿cómo evolucionó desde los seres vivos primigenios? ¿Cómo evolucionó en los seres multicelulares? Y más específicamente, ¿en qué contexto sistémico de los seres vivos se da la comunicación, o algún precedente de esta?, ¿Qué rol tiene la comunicación en el contexto de la biología teórica y de las ideas de Varela? ¿Qué rol cumple en un dominio cognitivo? Y por último, ¿qué implicancias tiene este fenómeno para delimitar una unidad de análisis en Ciencias Cognitivas? Intentaremos dar respuesta a lo anterior en este capítulo.

7.1. La complejidad del fenómeno comunicativo en los seres vivos

En Biología, se conocen muchos trabajos que tienen que ver con las conductas y con las interacciones químicas comunicativas de las abejas, (Crist, 2004; Flores-Prado, Aguilera-Olivare &, Niemeyer, 2008), e incluso como ya sabemos se habla de culturas y sociedades en células (Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001; Adissu, Asem & Lelièvre, 2007) y en animales multicelulares como delfines, perros y primates (Rendell & Whitehead, 2001; De Waahl, 1997; Gibson, 2002; Kappeler & Van Sheik, 2002; Matsumura, 1999; Perry, 2006; Petit, Bertrand & Thierry, 2008). E. O. Wilson por su parte, ha tratado el tema como expusimos en el punto 6.3. del capítulo anterior, donde emerge lo que hemos denominado “*el problema de la bacteria luminiscente*”. Podemos encontrar incluso, títulos de papers tan sugestivos como “*¿Puede hablar un insecto?*” (Can an insect speak?) (Crist, 2004), o “*Comunicación lingüística bacterial e inteligencia social*” (Bacterial linguistic communication and social intelligence) (Ben Jacob et al. 2004) por nombrar alguno. Sin embargo, nunca se ha llegado a una definición empírica y

conceptual fuera del esquema tradicional de comunicación de Shannon, que responda al *problema de la bacteria luminiscente* de E. O. Wilson.

7.2. Irritabilidad

Partiremos este análisis recordando una frase que oímos en algún congreso de Ciencias Sociales en la cual se comentaba las ideas de Luhmann sobre la comunicación, y en donde se afirmó algo que nos quedó dando vueltas en la mente: “la comunicación es irritación”. Más allá de la presencia de un mensaje, o varios mensajes, de canales, de ruidos, e incluso de lenguajes, lo que fue primero fue un ser vivo *irritándose*. Como ‘*Irritabilidad*’, entendemos la capacidad que tiene un organismo vivo para reaccionar ante un estímulo del ambiente inmediato (Villem, 1996), denominándosele a esta capacidad en algunos textos de Biología general sólo como reacción ante estímulos (Solomon, Berg & Martin, 2001; Wilson, 1980; Redondo, 1994; Krebs & Dawkins, 1984)

Pero ¿que implican estas definiciones? Creemos que se refieren más que nada a la reacción de un ser vivo en la presencia de un elemento fisicoquímico en el ambiente, sin especificarlo. Es claro que la visión tradicional de la biología apunta a esta idea, y poco o nada destaca la importancia de tener claro de donde *proviene* ese elemento en el ambiente, cual es el *origen* de las moléculas orgánicas que están presentes alrededor de la célula, muchas de las cuales *no están por casualidad ahí*. La presencia de iones, como el potasio, el sodio o el cloro, como es el caso de una neurona, no es algo casual: están ahí en la justa medida debido a la existencia de un ambiente que mantiene estables estos iones gracias al funcionamiento de un sistema entero de células que constituyen al organismo multicelular. Y además, no todos los elementos que flotan fuera de la neurona o de cualquier otra célula son iones. Tenemos moléculas de diversos tipos, producidas por la misma célula o por células que se encuentran distantes entre sí (hormonas, neurotransmisores, y un largo etc.). Todos estos elementos, irritan a las células.

Pero vamos más allá con el concepto de irritación. ¿Podemos decir que un metal como el cobre se “*irrita*” cuando lo sometemos a calor? Generalmente en física o en química se habla de que el metal *reacciona*, y los mecanismos que interactúan para que el metal se dilate o no, son eminentemente físico químicos. Sin embargo si aplicamos calor a un organismo vivo simple, como una ameba, ¿podemos decir que hay *sólo* una reacción fisicoquímica, al estilo de la placa de cobre que calentamos? Tomando en cuenta lo discutido hasta ahora, podemos afirmar que no, y esta distinción ya la hace Clark (2001) en “Mindware: an introduction to the philosophy of

cognitive science”. De forma lúdica, cuenta los sucesos que le ocurren en un día a una roca, un gato y un ser humano. En el caso de la roca, narra:

“He aquí un día en la vida de una pequeña roca entre gris y blanca cobijada entre la hiedra en mi patio de St. Luis. Se quedó ahí. Algunas cosas le pasaron: hubo lluvia y quedó húmeda y reluciente; hubo viento y se erosionó ligeramente; mi gato persiguió una ardilla cerca de ella lo que hizo que la roca se balanceara. Eso fue todo, en realidad. No existe razón para pensar que la roca tuvo ningún pensamiento o que sintió ninguna de estas cosas de algún modo. Sucedieron cosas, pero eso fue todo”.

En el caso de un gato, comenta:

“Lolo, mi gato, tuvo un día algo diferente. Cerca del 80% lo pasó, como casi siempre, dormido. (...) Alrededor de las 7 A.M. algún impulso interno llevó a Lolo a salir de la casa, yendo directamente a su puertecita desde su lugar privilegiado en el sofá de la sala de estar. Afuera, sus funciones corporales sin duda lo dominaron, al menos al principio. Luego, después de un breve paso de vuelta en la casa (pasando sin errores por la puertecita y su pocillo de alimentos), algunas ardillas fueron perseguidas y otros peligros fueron evitados. Otros gatos fueron tratados de acuerdo a sus rangos, posiciones, tamaños y maldad. Finalmente, hubo una buena porción más de sueño”.

Finalmente, en el caso de un ser humano, concluye:

“Mi día fue (creo) más parecido al de Lolo que al de la roca. Ambos (Lolo y yo) buscamos comida y calor. Pero mi día incluyó, sospecho, más bien simple contemplación...”

Algo de eso hice, definitivamente. Tuve pensamientos, incluso “cadenas de pensamiento” (secuencias razonables de pensamientos como “Es la 1 P.M.. Hora de comer. ¿Qué habrá en el refrigerador?”, etcétera). Pero hubo, además, pensamientos sobre los pensamientos, cuando me echaba para atrás en mi asiento y observaba mis propias cadenas de pensamientos, alerta a ejemplos coloridos que pudiese incluir en este libro.”

(Clark, 2001, pp. 1 – 5)

Como se aprecia, y el mismo autor reconoce, experimentar el paso de un día en nuestras vidas se asemeja mucho más a lo que le pasa al gato, un ser multicelular, que a lo que le pasa a la roca. Incluso algo tan simple como patear una piedra, tiene implicancias distintas a patear a un gato o a patear a un ser humano. En el caso del gato, siguiendo a Clark, este reaccionaría “de acuerdo a las jerarquías, rangos, posiciones, tamaños y maldad” de quien le propina el puntapié, y la reacción es distinta en el caso de que sea un gato el que lo agrede, o su amo. En el caso de la piedra, esta simplemente rodaría. Si seguimos a Varela y a Maturana, en el gato y el humano existe *algo* que hace que reaccionen de la forma en que lo hacen. Y este algo proviene de que estamos actuando sobre organismos que poseen *vida*, es decir,

una organización distinta y superior que concierne a su naturaleza biológica, no reducible a su naturaleza fisicoquímica.

Por lo tanto, ante el calor, proponemos que es más preciso decir que un organismo vivo simple como una ameba se *irritará* porque sus componentes físico químicos *'reaccionan'* (entendido literalmente como *'reacciones químicas'*), alterando la dinámica regida por principios biológicos que mantiene al organismo vivo. En palabras de Varela, se produce una *perturbación* ambiental, y el organismo ejecutará inmediatamente los mecanismos de constitución, especificación y orden propios para mantener su autopoiesis y contrarrestar la perturbación constituida por un aumento de temperatura, si es que es paulatino y abordable por el organismo vivo. Lo anterior, con el único objetivo de mantener su organización como ser vivo, y seguir implementando su autopoiesis; es decir, sobrevivir. En definitiva, al momento de producir una alteración de la dinámica biológica del organismo vivo ya no podemos hablar solo de *'reacción'*, pues junto con la obvia reacción química, persisten paralelamente otros procesos, de naturaleza igualmente material fisicoquímica, pero implementadas gracias a la existencia de una dinámica que se da a nivel *biológico*.

Visto lo anterior, podemos aventurar una definición del concepto de *irritación*, el cual creemos es más preciso y adecuado que *'reacción'* para referirse a un sistema vivo. Por *irritación*, entenderemos entonces *"cualquier cadena de reacciones físico – químicas que exhiba un sistema con una organización autopoietica o viva, ante una perturbación en el ambiente interno o externo, con el objeto de compensar estas perturbaciones sin alterar su organización"*.

7.2.1. Diferencias entre perturbaciones: multicelularidad y unicelularidad

Demos otro paso más adelante. Al analizar las células de un ser orgánico multicelular, tenemos un aumento exponencial de las posibles fuentes de perturbación ambiental, comparando con un ser unicelular que flota en un líquido nutritivo. Y esto porque ya no solo hay fenómenos físicos (aumento de presión, aumento de humedad, de temperatura) y químicos (PH del ambiente celular, presencia de iones y de moléculas orgánicas e incluso inorgánicas) alterando al ser vivo desde el exterior, sino que también hay otras células estableciendo relaciones con este recurriendo a sustancias químicas e incluso a movimientos esenciales.

Lo anterior nos indica que en un organismo multicelular las perturbaciones del ambiente son amortiguadas por un ambiente interno que todo el organismo se encarga de mantener estable para el bien de los componentes y del organismo mismo. Si bien

esto no disminuye la cantidad de perturbaciones para las células, sino más bien las aumenta, a su vez, disminuye la diversidad de las perturbaciones, pues se deja afuera aquellas que destruyen rápidamente al organismo, y lo que es más relevante las hace estables, regulares y sincrónicas. Es decir, en una situación de multicelularidad hay menos tipos de perturbaciones, en un proceso que se podría denominar restricción cualitativa de las perturbaciones, pero hay un aumento en la cantidad y la frecuencia de perturbaciones no destructivas u homeostáticas, que se puede denominar complejización cuantitativa de las perturbaciones.

Por lo tanto, en cuanto a la irritación esta *restricción cualitativa de perturbaciones* en un organismo multicelular acota el tipo de irritaciones posibles para una célula dejando afuera aquellas que lleven a la muerte de esta o del organismo multicelular al que pertenece, a excepción de ciertos procesos necesarios para la mantención de la multicelularidad, como es la apoptosis o muerte celular programada, entre otros (Lodish, Berk, Zipursky, Matsudaira, Baltimore & Darnell, 2000; Gomez-Angelats & Cidlowski, 2002). Por otro lado, el fenómeno de *complejización cuantitativa de las perturbaciones* aumenta la cantidad de irritaciones, pues existe una mayor posibilidad de perturbaciones de tipo homeostático provenientes de la gran cantidad de células, tejidos, órganos o sistemas de órganos que rodean a la célula y que constituyen al organismo multicelular.

7.2.2. Implicancias de la irritabilidad

Podemos concluir varias cosas del fenómeno de la irritación en organismos vivos. Primero que todo, debemos observar que irritarse es una de sus características inherentes del hecho de estar vivo. Segundo, debemos entender que las fuentes de irritación, o perturbaciones, son diversas y distintas entre sí por sus implicancias. No es lo mismo que una célula se irrite ante el aumento de la presencia de agua o exceso de iones, o que se irrite ante la llegada de un impulso electroquímico, como es el caso de la neurona. Tampoco es lo mismo que un organismo multicelular aumente o disminuya su temperatura corporal ante variaciones de la misma en su exterior, a que exhiba una conducta de defensa y una emoción de rabia ante la presencia de otro ser multicelular que lo amenaza. Todas estas son formas de irritación, pero tienen diferencias cualitativas relevantes; en las primeras se *interactúa directamente con factores del ambiente físico químico* a través de receptores específicos en las membranas, mientras en las segundas se interactúa con perturbaciones producidas por otros individuos vivos, ya sean células, tejidos, u otros seres multicelulares, a

través de los mismos receptores de membrana o producto de la perturbación de los sensores nerviosos desarrollados por el organismo multicelular.

En tercer lugar, lo que nos parece muy interesante es que ante estas perturbaciones del exterior, el fenómeno de la irritación implica varios niveles de interacción al interior del individuo, niveles que atraviesan transversalmente tejidos, órganos y sistemas de órganos, implicándolos a todos muchas veces. Lo anterior queda claro en algunos estudios que verifican el continuo feedback entre el sistema nervioso y el cuerpo para lograr un comportamiento adaptativo a las exigencias del ambiente (Chiel & Beer, 1997). Por ejemplo, cuando llega la insulina para mediar la regulación de la glucosa en una célula del cuerpo, no está implicado solo el receptor de insulina, o solo los canales de glucosa; está implicado todo el organismo, ya que este evento implica la aceleración o enlentecimiento del metabolismo de la glucosa en el individuo entero. Algo semejante ocurre con el exceso o falta de colesterol en el organismo, tal como muestran estudios en primates no humanos sobre el efecto de este fenómeno en las conductas sociales agresivas o no agresivas (Kaplan, Manuck & Shively, 1991). Otro ejemplo ocurre cuando un ser multicelular perturba a otro ser multicelular mostrando agresividad, como puede ser la confrontación de dos ratones, o elefantes, o primates. En este caso, existe una cascada de irritaciones donde se ven implicados variados mecanismos neurológicos, neuroendocrinos y endocrinos, que no trabajan haciendo reaccionar solo las piernas independientes del cuerpo para correr, o solo las garras para atacar; es el organismo multicelular en su gran mayoría el que se irrita con un objetivo común: desplegar los mecanismos de defensa, asociados a la agresividad o al miedo, para mantener su organización como ser vivo, ya sea atacando o huyendo.

7.3. Dominio cognitivo, sistema protosocial y presocial

La segunda conclusión del apartado anterior tiene una relevancia muy grande en cuanto a diferenciar el momento en que los organismos vivos exhiben una interacción de tipo comunicativa de cuando no lo hacen, porque para hablar de comunicación y de sus orígenes en los seres vivos, debemos dejar de lado las meras interacciones aisladas de la célula con su ambiente físico – químico. Estas interacciones no tienen un valor comunicativo.

Sin embargo, como hemos visto, si tiene un componente comunicativo aquella interacción de una célula aislada con moléculas que *proviene de otro ser vivo*, en el contexto de condiciones homeostáticas que el conjunto de las células, agrupados en un ser multicelular, establecen para mantener estable el ambiente externo de la célula

e interno del organismo multicelular. Y también, posee valor comunicativo la interacción física directa entre células, donde si observamos bien, se dan muchos de los tipos de *interacciones interespecíficas* que se dan al interior de una población (véase capítulo IV).

Por lo tanto, y siguiendo a Kaneko y Furusawa y los preceptos de Varela (1979) y Varela y Maturana (1980, 1994), lo que permite que existan en el ambiente interno de un organismo multicelular moléculas aportadas por otros seres vivos celulares que constituyen al mismo organismo, puede ser visto como una *interacción social* entre células que pertenecen a una población (Kaneko & Furusawa; 2001), fenómeno que en Ecología es propio también de estas interacciones interespecíficas.

Se puede discutir sobre de lo apropiado del rótulo de '*social*' dado por Kaneko Y Furusawa y otros a este tipo de interacción interespecífica entre células. Creemos que *social* a este nivel es demasiado problemático, y hemos decidido reservar este término a los individuos multicelulares. Por esta razón, proponemos otros términos, que consideramos más apropiados, como son interacciones o sistemas *presociales* y *protosociales*.

Para la presente tesis denominaremos interacción o sistema presocial al conjunto de interacciones en que un sistema autónomo puede entrar con otros sistemas autónomos de la misma especie sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir el ser vivo al compensar perturbaciones producidas por otros seres vivos con los cuales se comparte el mismo material genético (fig. 18). Por su parte, denominaremos Interacción o sistema protosocial al conjunto de todas las interacciones en que un sistema autónomo puede entrar sin perder su identidad con otros sistemas autónomos, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir al compensar perturbaciones producidas por otros seres vivos, en donde se incluyen interacciones con seres vivos de otra especie al interior de comunidades (fig. 18).

Ambos son subconjuntos del *dominio cognitivo* de Varela. Recordemos que este autor y Maturana definen este fenómeno como "dominio de todas las interacciones en que un sistema autopoietico puede entrar sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir al compensar perturbaciones" (Maturana & Varela, 1994) y como "dominio de interacciones que un sistema autónomo puede llevar a cabo gracias a su plasticidad estructural sin perder su cierre (organizacional)" (Varela, 1979). Sin embargo, a simple vista, la noción de dominio cognitivo es semejante a la de ecosistema, definido como "*una colección de partes relacionadas que funcionan como una unidad... En general, un ecosistema está constituido por dos componentes básicos, el componente vivo o biótico, y el*

componente físico o abiótico". (Smith, & Smith, 2003, p. 396). Sería demasiado extenso comenzar a nombrar, si existen, diferencias entre ambos conceptos, cosa que Varela y Maturana no hicieron, pero creemos que la diferencia básica entre ambos, es donde se pone la vista: El ecosistema se enfoca a las interacciones materio – energéticas entre un ser vivo y su ambiente físico y social, mientras el dominio cognitivo se enfocaría en las interacciones *informativas* (concepto que trataremos de reformular más adelante) entre el ser vivo y su ambiente físico y social.

Además, en la Ecología estos fenómenos son subconjuntos de otros conceptos suficientemente estudiados. Los *sistemas protosociales* son un subconjunto del estudio de *de las comunidades ecológicas, o relaciones interespecíficas*, donde encontramos fenómenos como la *competencia, predación, parasitismo y mutualismo*, entre otras (Smith, & Smith, 2003). Por otro lado, un *sistema presocial* es subconjunto de las *interacciones intraespecíficas* al interior de *poblaciones*. Respecto a esto, tenemos por ejemplo fenómenos como *competencia intraespecífica, territorialidad, interacción social, y reproducción*, entre otras muchas (Smith, & Smith, 2003). Lo anterior es relevante, porque hipotetizamos que los sistemas proto y presociales son antecesores directos de las interacciones y fenómenos sociales superiores, y los fenómenos de interacción intra e interespecíficos mencionados son la base a partir de la cual fenómenos sociales más complejos se constituyeron.

7.4. Protocomunicación en seres vivos.

Las interacciones comunicativas se darían tanto en sistemas protosociales, presociales y sociales de forma cualitativamente distinta, por lo cual es necesario establecer dos conceptos distintos, que denominaremos *interacción protocomunicativa* e *interacción comunicativa* como tal.

Por *interacciones protocomunicativas*, entenderemos *relaciones de interacción entre organismos de distinta o una misma especie, que tienen una implementación material predominantemente química y que se dan en el marco de sistemas autónomos protosociales, presociales y sociales*. Las interacciones protocomunicativas (y las comunicativas, como veremos después), poseen una materialidad en su origen, una materialidad que va más allá del contenido abstracto de un mensaje, postulado por las teorías tradicionales de la comunicación y la cognición. En el caso de las interacciones protocomunicativas, esta materialidad es fisicoquímica, e incluye moléculas especializadas que son segregadas por células o tejidos. Estas sustancias, que son un conjunto discreto de feromonas, hormonas o neurotransmisores que proporcionan una infinita diversidad de reacciones gracias al tipo de receptor al que

excitan en las membranas plasmáticas, *irritan*, a otras células o seres vivos. Además, provienen a su vez de otras células o seres vivos, siendo esta su característica diferenciadora de la irritación producida por iones o moléculas aisladas. Con este concepto cooperamos con desanudar el *problema de la bacteria luminiscente* de E. O. Wilson, mencionado en el capítulo anterior, pues bajo este prisma, el fenómeno que menciona sería parte de un proceso protocomunicativo, un proceso primitivo y especial de comunicación que se da predominantemente en sistemas pre y protosociales.

Esta definición de protocomunicación permite generar dos nuevos conceptos. Existen interacciones protocomunicativas al interior de organismos multicelulares, como ser las relaciones entre células, tejidos (la interacción entre neuronas, núcleos y áreas del cerebro, véase Fries, 2005 como ejemplo), órganos y sistemas de órganos (Alberts et al. 1994) y existen interacciones protocomunicativas entre individuos, ya sea unicelulares o multicelulares, tal como podemos observar en la interacción entre organismos unicelulares en los mares, entre algunos insectos, o entre grandes vertebrados. A la primera la denominaremos *intraorganísmica*, ya que se da al interior de un organismo, y la segunda la denominaremos *interorganísmica*.

En el caso de las *interacciones protocomunicacionales intraorganísmicas*, es fácil encontrarlas en la interacción entre células y hormonas y en el caso del sistema inmunológico. En el primero, la interacción protocomunicacional es eminentemente química. La comunicación (y con esta palabra se denomina en muchos libros de Biología Molecular) a través de señales extracelulares, base para este proceso, usualmente implica seis pasos: 1) Síntesis del mensajero, usualmente alguna molécula o macromolécula de diversa composición, ya sea lipídica, proteínica, etc. 2) Liberación de la molécula en el ambiente interno (usualmente torrente sanguíneo) por parte de la célula emisora 3) transporte de la señal a la célula o tejido objetivo. 4) Detección de la molécula por parte de receptores específicos. 5) Cambio en el metabolismo celular o del tejido, gatillado por el complejo receptor ante la presencia de la molécula señal. 6) Remoción de la molécula mensajera, por parte de enzimas y otras moléculas que disgregan los componentes de esta para que puedan ser reutilizados. De hecho un fenómeno semejante es el que se produce en la transmisión neuroquímica de señales eléctricas en el espacio sináptico neuronal, y por otro lado, este tipo de interacciones también se da en seres unicelulares, que utilizan sustancias para mantener cierta homeostasis a nivel de colonias (Lodish et al. 2000), tal como las bacterias que E.O. Wilson usa en su ejemplo. En el caso del sistema inmunológico, analizado por Varela en "Principles of biological autonomy" (1979, otro trabajo relacionado es el de Varela, Andersson, Dietrich, Sundblad, Holmberg, Kazatchkine y Coutinhos, 1991), ciertas sustancias irritan a los macrófagos y en general a los

glóbulos blancos para que exhiban movimientos ameboides y realicen la fagocitosis necesaria para eliminar algún organismo nocivo. Las fases del proceso inmunológico son tres, la primera denominada llamativamente como *fase cognitiva* (Abbas, Lichtman & Pober, 1994), que es una fase en la cual el linfocito reconoce al antígeno, u organismo nocivo, a través del contacto de este antígeno con receptores específicos, desarrollados previamente. La *fase de activación* es inducida por los eventos antes señalados. En esta fase, los linfocitos con la capacidad de reconocer el antígeno se clonan de forma de aumentar su cantidad, y a su vez entran en un proceso de diferenciación, de forma de generar dos tipos de células inmunológicas. Una de ellas, los Linfocitos B secretan anticuerpos, los cuales se unen a las membranas del antígeno o organismo nocivo, marcándolo. Esto gatilla el segundo tipo de células, los linfocitos T, que activamente migran a los lugares donde se encuentran los microbios y los fagocitan, reconociendo aquellas células nocivas de las propias del cuerpo gracias a la presencia de los anticuerpos previamente adosados a las membranas de los antígenos. Lo anterior es *la fase del efector*: los anticuerpos se unen a los antígenos, y a los linfocitos encargados de eliminarlos (neutrófilos y fagocitocitos mononucleares) les es más fácil hacer su trabajo (Abbas et al. 1994). Lo anterior podría interpretarse en el contexto de los conceptos propuestos hasta aquí: Todos estos fenómenos se producirían en el marco de *sistemas presociales* con complejas cadenas de *protocomunicación* entre sí.

En *interacciones protocomunicacionales interorganísmicas*, podemos citar un ejemplo en abejas. Flores-Prado, Aguilera-Olivares y Niemeyer (2008), describen cómo funcionan los mecanismos de reconocimiento de abejas que pertenecen o no pertenecen al nido de donde nacieron. Esta capacidad de reconocimiento es una característica de los insectos *eusociales*, es decir, que construyen complejas relaciones sociales para sobrevivir. En estas especies, frecuentemente las hembras atacan a cualquier otra abeja que no provenga de su mismo nido de nacimiento con mayor frecuencia. Al contrario, las abejas de costumbres solitarias muestran una alta agresividad general hacia otros individuos de la misma especie, indistintamente de donde provengan. Evolutivamente, se supone que la transición desde la soledad a la vida social requiere una regulación de dicha agresividad, y por lo tanto del reconocimiento interespecífico, por que los individuos dentro de un grupo deben desarrollar tolerancia recíproca para mantener la cohesión. Sin embargo, se ha observado últimamente que las especies solitarias también poseen mecanismos de reconocimiento y de tolerancia mutua que estos autores intentaron verificar. Se estudió este fenómeno en una especie de avispa solitaria chilena, *Manuelia Póstica*, intentando aislar una molécula o conjunto de moléculas denominadas “químicos

cuticulares”, que está detrás de este reconocimiento y a su vez de la tolerancia entre individuos. Lo que se encontró es que efectivamente incluso en esta especie solitaria chilena existen mecanismos de reconocimiento asociados a algunos compuestos químicos específicos, que hacen que, como en los insectos eusociales, puedan actuar con menor agresividad ante individuos de la misma especie y provenientes del mismo nido.

Por lo tanto, existe un sustento químico (los “químicos cuticulares”) a partir del cual abejas *‘comunican’* aspectos de su individualidad, como por ejemplo, el nido de donde provienen, y este fenómeno se da tanto en especies eusociales como solitarias. Por lo tanto, el fenómeno de la protocomunicación es tan omnipresente que incluso existe en especies que no se caracterizan por tener una interacción social rica. Creemos que lo anterior muestra la presencia y la potencia de la protocomunicación tanto en insectos eusociales como en insectos solitarios y es posible extrapolar este ejemplo a otros metazoos, incluido el hombre.

Finalmente es necesario agregar que en el caso de un organismo multicelular, las interacciones comunicacionales intra o interorganísmicas están en constante relación entre sí, influyéndose mutuamente. Existe un *acople estructural* entre ambas, de forma que lo que pasa entre el individuo y su ambiente afecta lo que pasa dentro del mismo individuo. Esta observación no es algo nuevo, y ejemplos de esta relación es posible encontrarlas en Blanchard, McKittrick y Blanchard (2001), o Malkesman, Maayan, Weizman y Weller (2006), por mencionar algunos estudios.

7.5. Información en la naturaleza.

Sólo con lo visto hasta aquí, podemos darnos cuenta que es posible mantener algunos elementos del esquema tradicional de comunicación de Shannon, como la presencia de un emisor, un receptor (por ejemplo una célula) o un canal (como puede ser el torrente sanguíneo en el caso de las hormonas). Sin embargo, nuestro concepto de información dista mucho del sentido que originalmente le dio Shannon. Claramente la naturaleza desde tiempos inmemoriales, ya había desarrollado sus propios mecanismos de información, con características más amplias y complejas que el esquema tradicional expuesto previamente. Por lo tanto, en el contexto de nuestra propuesta se hace necesario reformular el concepto de información, volviéndonos a preguntar, ¿Qué es la información en la naturaleza?

No entraremos en este apartado a contar la historia de cómo se ha estudiado el concepto de información por parte de las ciencias, porque sería demasiado extenso y porque es posible deducir algo a partir de los antecedentes entregados. Algo como

esto requeriría extenderse más, por lo que lo dejaremos para futuros trabajos. Sólo plantearemos una definición de información basándonos en el marco teórico que hemos delineado en los capítulos IV, V, VI y en el presente.

Para empezar, recordemos que en la teoría tradicional de la comunicación de Shannon la información es '*algo*', conceptualizado vagamente como símbolos o signos transmitidos en alguna forma física a través de un canal. Este esquema necesita dos entidades adicionales: un codificador y un decodificador, las cuales *saben* de alguna u otra forma como transformar estos signos físicos en *significado*. Pero como hemos visto hasta acá, este codificador y decodificador han sido lejanamente asociados a una forma biológica de vida. Cuando se introdujo este esquema tradicional de la comunicación a las Ciencias Sociales, lentamente el codificador y el decodificador se fueron fusionando con el emisor y el receptor, de tal manera que estas nuevas entidades humanas debían incorporar las habilidades de codificar y decodificar mensajes. Sin embargo, esta fusión introdujo al esquema de Shannon más problemas que certezas, discutidas en el capítulo VI.

Viendo esto, proponemos que la teoría tradicional de la comunicación tiene algunos aciertos, posee profundos errores y soslaya fenómenos relevantes. En la naturaleza, la información posee otras características e implicaciones. Primero, estamos de acuerdo en que en una interacción comunicacional existe *información*, pero esta, más que la *transmisión de algo*, implica un continuo *flujo*. De hecho, *el conjunto de flujos informacionales es el que constituye la comunicación*. Pero ¿qué es lo que fluye? No estamos de acuerdo que se trate de signos, símbolos o cualquier capacidad lingüística o lógica antropomórfica.

Tenemos claro que las interacciones protocómicas (y comunicativas, como veremos más adelante) tienen una materialidad en su origen. Esta materialidad es fisicoquímica y ocurre en una realidad espacio temporal, no en una realidad mental aislada independiente de la primera. En este marco entendemos toda protocómunicación como una *interacción fisicoquímica entre seres vivos, en donde fluye información*. Visto lo anterior, la *información* es un fenómeno que emerge de dos aspectos: 1) Del funcionamiento acoplado (acoplamiento estructural) de organismos vivos, un acople que se ha organizado y ha mantenido su identidad a través del tiempo, y que se constituye como un sistema de orden superior, distinto a los componentes vivos que lo integran. Para el funcionamiento de este sistema de orden superior que implica la mantención de la homeostasis y autopoiesis, se hace necesario que exista un *flujo continuo de sustancias bioquímicas* en el caso de la protocómunicación, que forma parte de la necesidad de mantener las interacciones constitutivas, de especialización y de orden, al interior de este nuevo sistema. Por lo

tanto nace una *necesidad de mensaje*, que proviene de mantener una interacción protocommunicativa para conservar la identidad del sistema entero al cual el organismo vivo pertenece. 2) Una vez constituido este sistema de orden superior, no sólo es necesario generar estas interacciones protocommunicativas destinadas a mantener este sistema de orden superior, sino que también surge la necesidad de asegurar la supervivencia de los componentes del mismo, que son organismos vivos, por lo tanto la *necesidad de mensaje* también emana de este fenómeno. El resultado de esta necesidad de mensaje y de la satisfacción de la misma, se manifiesta en la *robustez* que plantea Kaneko y Furusawa (Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001, Kaneko et al. 2008) para el conjunto de organismos vivientes que constituyen una colonia o un organismo multicelular.

Entonces, la *información* en el contexto de una protocommunicación y una comunicación biológicamente inspirada, se da al interior de sistemas protosociales, presociales y sociales, pudiendo ser definida como *el flujo de vehículos materiales o interacciones físicas que emerge de las necesidades de mensaje propias de la dinámica de un sistema vivo. Estas necesidades de mensaje tienen como fin la mantención de la identidad y la autopoiesis del sistema ser vivo – otros seres vivos, y a su vez, procurar la mantención de lo mismo en los componentes de este sistema.* De esta forma, la información como fenómeno natural tiene tres implicancias: 1) sería un fenómeno que emerge de la operación de un sistema vivo para mantener su identidad y su autopoiesis, y que le es inherente; 2) sería la constitución material de la comunicación en cualquiera de sus formas, siendo la comunicación el conjunto de procesos por los que pasan estos elementos materiales a través del tiempo para cumplir la primera implicancia, y 3) estos procesos, a los que denominamos comunicación, están detrás de la constitución de cualquier sistema social (protosocial, presocial y social per se).

7.6. Comunicación en seres vivos.

Sin embargo, los mecanismos protocommunicativos no son las interacciones comunicativas más complejas en la naturaleza. Existen relaciones aún más complejas, donde el mecanismo que subyace no es eminentemente químico. En este caso estamos hablando de los mecanismos conductuales y simbólicos de interacción comunicacional, o *relaciones comunicativas como tales*.

Por relaciones o interacciones comunicativas per se, entendemos relaciones de interacción entre organismos de una misma especie, que tienen una implementación material encarnada en el organismo mismo y en sus compensaciones de

perturbaciones externas e irritaciones, lo que incluye su capacidad de manipular y alterar el ambiente para producir, con elementos de este, perturbaciones en otros organismos con los cuales posee una relación de acople estructural y de organización de nivel superior, es decir, en el marco de sistemas autónomos, presociales y sociales (fig. 19).

A simple vista, en esta definición se hace un poco más difícil distinguir el vehículo a través del cual se produce esta interacción, cosa que era fácil en el caso de las relaciones protoc comunicativas, donde eran bioquímicos. Sin embargo, existen varias pistas, que nos llevarán a entender cuál es la implementación material de estas interacciones. Primero, hay que dividir la comunicación como tal en dos: conductual y simbólica.

Las *interacciones comunicativas conductuales*, son aquellas en las cuales en una situación de acople estructural, materializada durante la evolución de la especie a la que pertenece el individuo y labrada durante el desarrollo ontogenético del organismo individual, *un organismo exhibe una irritación que perturba su dominio cognitivo, es decir, perturba sus interacciones con su ambiente, específicamente sus interacciones con otros seres vivos de la misma especie*. Esta irritación en un organismo, que sólo por motivos pedagógicos denominaremos *emisor*, puede tener dos fuentes: perturbaciones internas y perturbaciones externas. Pero en este caso *el vehículo material del mensaje deja de ser fisicoquímico, y radica en la irritación del propio organismo* (fig. 19). En una relación comunicativa conductual, *emisor y mensaje se fusionan*, y lo que capta el *receptor* a través de sus canales sensoriales es simplemente la conducta exhibida. Para ser más precisos, lo que se capta es la irritación misma del organismo vivo, que altera el medio ambiente físico en la forma de una onda sonora o luminosa (escuchar una vocalización de un organismo irritado o ver su conducta), un contacto mecánico (por ejemplo, tocar con cierta intensidad y frecuencia al receptor) e incluso en un nivel más protoc comunicativo, con moléculas químicas transmitidas en el aire (olfato) o contenidas en algún solvente como el agua, o distintos ácidos y aceites (gusto). Como ejemplo en seres vivos, podemos tomar en cuenta las conductas de cortejo intraespecíficas y las complejas relaciones sociales que emergen de estas, como es la conducta de bañarse con arena y su relación con interconexiones familiares y sexuales en algunos roedores (*Octodon degus*) (Ebensperger & Bozinovic, 2000). Muchos mamíferos desarrollan castas estrictas en donde se establecen claramente quienes dominan y quienes son dominados, estableciéndose una serie de reglas de conducta permitidas y no permitidas. Estas reglas son mantenidas por complejas cadenas de conductas, que irritan a toda la manada y que, por lo tanto, comunican (Smith & Smith, 2003). Cabe agregar como

ejemplo también el complejo '*idioma*' con el cual las abejas comunican a través de sus danzas la distancia, la cantidad y la dirección de una fuente de alimento (Crist, 2004).

Comentario aparte, es importante destacar que en organismos superiores persisten mecanismos de interacción protocomunicativa, ya que el hecho de que existan relaciones comunicativas superiores de conducta o simbólicas entre animales superiores, no implica que las relaciones protocomunicativas se extingan, solo disminuye su relevancia. Sabida es la importancia del olfato en el desarrollo del cerebro humano (Franks & Isaacson, 2006) y la influencia de las feromonas en procesos de búsqueda de pareja sexual en mamíferos y primates humanos y no humanos, por plantear un ejemplo (Smith & Smith, 2003).

7.7. Comunicación simbólica en seres vivos.

No será fácil para los cognitivistas clásicos y para los lingüistas aceptar de buenas a primeras la propuesta que haremos en este apartado respecto al origen de la comunicación simbólica. Sin embargo, debemos dejar en claro que aquí estamos hablando de hipótesis y supuestos, que a todas luces, en un marco de cognición corporalizada de la cual hemos intentado aportar todas las aristas posibles, resulta coherente e incluso da pie a nuevos lineamientos de investigación empírica. También resulta coherente con la tendencia de Ciencias Naturales, que como ya hemos mencionado, están hablando abiertamente de "sociedades celulares" y "culturas animales", además de encontrar interesantes hallazgos respecto a que la manipulación básica de símbolos, e incluso números, no es una exclusividad de la especie humana, sino que algunos primates no humanos son capaces de esto, con un entrenamiento intensivo y bajo circunstancias especiales (Hauser, Macneilage & Ware, 1996; Sulkowski & Hauser, 2001; Flombaum, Junge & Hauser, 2005; Tomasello, 1999).

Continuando con la línea de pensamiento que hemos seguido hasta este apartado, entendemos que toda comunicación en los seres vivos, en su origen, viene de una irritación. Comentamos el concepto de protocomunicación, que es toda relación entre seres vivos que forman parte de un sistema de orden superior en la cual el vehículo material de transmisión de mensajes es eminentemente químico, y a su vez vimos que la comunicación de tipo conductual se basa en que la misma irritación de un organismo vivo es un mensaje estimulante para un receptor, poseedor de sistemas nerviosos y sensoriales, e inmerso en una relación de tipo cognitivo y social.

Pues bien, la *comunicación simbólica* esencial no se aleja demasiado de estos mecanismos. Por comunicación simbólica entendemos que en una situación de acople

estructural, materializada durante la evolución de la especie a la que pertenece el individuo y labrada durante el desarrollo ontogenético como organismo individual, un organismo experimenta una irritación que afecta a su dominio cognitivo, es decir, afecta sus interacciones con su ambiente, específicamente sus interacciones con otros seres vivos de la misma especie. Sin embargo, a diferencia de la comunicación conductual directa, *la comunicación simbólica es indirecta, y no es estrictamente necesaria la presencia del emisor irriándose en el mismo lugar y tiempo en el cual el receptor capta la irritación*. Lo anterior, es posible simplemente porque *al experimentar la irritación, como ya sabemos, el organismo emisor altera su ambiente, pero esta vez, su ambiente físico. De esta forma, el organismo emisor deja una marca o símbolo, que posee características físicas claras* (las marcas que deja un perro en un árbol con las garras para delimitar su territorio, o las marcas que dejan algunos primates para recordar donde están las mejores bayas) *y que tiene la capacidad de producir irritaciones en otros organismos de la misma especie*. Como se observa, no es necesario percibir o sentir la irritación del emisor por parte del receptor en el momento mismo en que se produce; esta irritación del emisor queda simbolizada en la marca que lleva a cabo, la cual al ser observada por el receptor, incluso mucho tiempo después, generará una irritación relacionada con la del emisor (fig. 19).

Cabe destacar, nuevamente, que nada sale del emisor, ni nada entra en el receptor. El emisor solo emite una conducta que en el marco de una relación o un sistema de acople estructural, deja una marca física en el ambiente, que afecta, también en este marco de acople estructural, a un receptor con la misma configuración genética y con una interacción social en común.

De aquí podemos aventurar una definición tentativa de un sistema social, como el conjunto de todas las interacciones de tipo protocomunicativo y especialmente comunicativo, ya sea conductual o simbólico, en que un organismo puede entrar con otros organismos de la misma especie sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir un organismo autónomo al compensar perturbaciones producidas por la comunicación conductual o simbólica proveniente de otros seres vivos, con los cuales se comparte el mismo material genético y en donde se es componente de un sistema unitario común, el sistema social, que a su vez posee identidad y organización.

Lo anterior, implica entonces que podemos encontrar sistemas sociales complejos en seres vivos no humanos, e incluso *cultura*, si aventuramos una definición de esta como *conjunto de todas las interacciones de tipo comunicativo simbólico en que un sistema autónomo puede entrar, sin perder su identidad, con otros sistemas autónomos de la misma especie, es decir, el dominio de todos los cambios que puede*

sufrir un organismo autónomo al compensar perturbaciones producidas por la comunicación simbólica proveniente de otros seres vivos, con los cuales se comparte el mismo material genético y en donde se es componente de un sistema unitario común, el sistema social, que a su vez posee identidad y organización. Si entendemos a la cultura como “todo lo que hace el hombre”, que es una definición generalmente aceptada en Antropología, o la idea que plantea De Waahl (1997) de que consiste en la “transmisión no genética de hábitos”, la cultura sería todo lo que hace un ser vivo y que tiene una característica simbólica, es decir, transmite irritaciones de un emisor a través de una alteración física del ambiente, que puede ser un símbolo, un artefacto, o una herramienta. Claro está que estas definiciones son preliminares y están sujetas a discusión y crítica, pero consideramos que son esenciales para entender nuestras conclusiones en el próximo capítulo.

7.8. Conclusiones

Como se ve, muchas de las afirmaciones, fragmentarias por cierto, pero no menos acertadas, de Wilson en el marco de la Sociobiología y la Etología, de los teóricos de las teorías de sistemas aplicadas a las familias (Watzlawick et al, 1981) y aplicadas a la sociedad en general (Luhmann, 2002) serían correctas desde el punto de vista de un enfoque naturalizado de la comunicación. A continuación pasaremos a considerar las más relevantes.

a) “Nada se transmite”, y “Un sistema comunicativo es cerrado”: Estas afirmaciones de Luhmann contienen una potente característica de la comunicación como fenómeno, si la observamos desde un punto de vista naturalizado. A lo que comentamos en el apartado donde explicamos la idea de Luhmann, se debe agregar que lo esencial en la comunicación, humana o no humana, es la irritación de seres vivos ante la irritación de otros seres vivos. No se transmite ningún mensaje, al contrario del esquema tradicional de Shannon (1948), sino que en un contexto de interacción de componentes vivos en un sistema social, se producen irritaciones del emisor que perturban al receptor, y dependiendo del tipo de interacción social que se establezca entre ambos, tendremos que la irritación consecuente del receptor será cercana o relacionada con la del emisor. Nada entra al receptor, el receptor solo se irrita ante una alteración física ambiental realizada por un emisor que no necesariamente debe estar presente cuando el receptor se irrite.

b) Ausencia de módulos en la comunicación: Si nada material entra al organismo vivo receptor, sino que lo que sucede es la activación del organismo o parte del organismo como unidad ante la irritación de otro organismo, ningún símbolo, en su materialidad, es procesado. Con esto, nos ahorramos los módulos, que a todas luces han sido muy criticados puesto que intentan asimilar que el procesamiento cognitivo es el procesamiento de símbolos como si estos fueran artefactos materiales en la cadena de producción de una fábrica. Para producir un caramelo, es necesario pasar por varios procesos previos, contenidos en módulos o pasos de procesos, y lo mismo pasa con un automóvil, del cual se debe recibir la materia prima, unir ciertas piezas, darle forma al chasis, instalar la carrocería, pintar la carrocería, instalar los sistemas eléctricos, etc. Clark (1997; 1999a) y Van Gelder (1997) nos advierten sobre la inconveniencia de este y otros modelos, semejantes a cadenas de procesamiento burocrático en una oficina gubernamental, en un proceso engorroso y lento que no se condice con las capacidades y velocidades del cerebro humano.

Por lo tanto, el esquema de la irritación deja afuera cualquier procesamiento de símbolos que no tenga directa conexión con el funcionamiento complejo de los organismos vivos. No se requiere de un procesamiento aparte anexo y descarnalizado, con módulos de materialidad y existencia dudosa, para entender una palabra o captar un símbolo, el único procesamiento que se produce es material y biológico.

c) “Es posible comunicar, sin que haya un entendimiento completo”, y “la comunicación no solo tiene lugar cuando es intencional”: Son dos afirmaciones, de Luhmann (2002) y de Watzlawick et al. (1981) respectivamente, que apuntan a lo mismo: La conciencia y la intencionalidad, desde el punto de vista de los seres vivos en general, es un subconjunto comunicativo bastante raro en la naturaleza y adscribible solo a los seres humanos. En su origen los procesos comunicativos no tenían nada que ver con estos conceptos, ni menos con el lenguaje. Los procesos comunicativos emergen como un fenómeno propio de las interacciones sociales y de los dominios cognitivos de los seres vivos, como aquel elemento de interacción que mantiene la identidad de un sistema, en este caso social. Que con el pasar del tiempo y el avance de la evolución haya surgido un sistema comunicativo tan complejo y diverso como el lenguaje es una casualidad de la naturaleza, lo cual sin embargo, no significa que sea reducible a los fenómenos primitivos de comunicación.

d) La comunicación no tiene propósito: La comunicación como fenómeno natural no tiene propósito. Este nace con el surgimiento del ser humano el cual puede

observar su propia comunicación y describirla y describirse a si mismo ejerciéndola. Sin embargo, la comunicación como tal no nació con los seres humanos, como hemos visto, y tenía sus propios patrones y reglas desde antes que apareciéramos nosotros. La comunicación no está determinada por sus componentes, que en el caso de una sociedad humana, son los individuos. Además, es un conjunto de relaciones que conforman un sistema cerrado con sus propios patrones de compensación de perturbaciones organizado con el fin de mantener la identidad del sistema social en si. Por lo tanto el propósito de la comunicación, es mantener la organización del sistema al que pertenece, ya sea pre, proto o social per se.

e) Es imposible no comunicar: Esta es una afirmación extremadamente importante. Es imposible no comunicar, porque esta capacidad está asociada a la capacidad de un ser vivo de *irritarse*. La única situación en que no se produce comunicación es que *no haya irritación*, y eso se puede dar ya sea con uno de los organismos muertos, con que el receptor no tenga las capacidades sensoriales necesarias para sentir la perturbación del emisor, o que el medio de transmisión del mensaje (físicoquímico, conductual o simbólico) no llegue al receptor. Por lo tanto, no es relevante que el mensaje llegue al receptor en su totalidad y sin alteraciones para que se genere un fenómeno comunicativo, y el foco original de la teoría tradicional de la comunicación, centrado en la pureza de este, esta errado.

Capítulo VIII: Niveles de análisis en una ciencia cognitiva naturalizada

Hemos puesto una serie de condiciones para establecer un objeto de estudio para la Ciencia Cognitiva en el capítulo II, punto 2.5, y es necesario que el lector las recuerde para asimilar nuestra propuesta. Además, hemos incluido en el capítulo VII una propuesta de naturalización de la comunicación, para usar las propiedades de este fenómeno como el elemento material a partir del cual debe ser estudiada la cognición. Lo expuesto en el capítulo anterior tiene varias implicancias para adentrarnos a describir el objeto de estudio de la Ciencia Cognitiva. Tenemos un nuevo concepto de información, entendido como el flujo de vehículos, ya sea físicoquímicos o alteraciones del ambiente a partir de irritaciones de organismos, que emerge de, y mantiene el funcionamiento de sistemas de orden superior, cuyos componentes son organismos vivos. Luego, tenemos que la comunicación es el conjunto de estos flujos, organizados a lo largo de un proceso temporal. Y en tercer lugar, tenemos que la comunicación es lo que constituye materialmente un sistema social, en el nivel de complejidad que sea (protosocial, presocial o social per se).

El material recopilado anteriormente, nos lleva a una conclusión definitiva, esbozada ya a lo largo del texto: la Ciencia Cognitiva debería dejar de lado el estudio *exclusivo* de fenómenos cognitivos humanos (en línea con la propuesta de Shaw y Turvey, Brooks y otros). Si etimológicamente '*cognición*' tiene que ver con conocer, todo ser vivo posee la capacidad de conocer o almacenar información de su ambiente, por lo tanto las Ciencias Cognitivas parten su estudio desde los seres vivos más esenciales, para seguir describiendo el fenómeno cognitivo en seres vivos más complejos, entre ellos el hombre. Sin embargo, esto no significa sacar al humano de todo análisis. Nuestra propuesta no elimina al agente cognitivo humano, sino que amplía los campos en los cuales podemos buscar para finalmente lograr algún día explicarlo.

Una segunda conclusión gira en torno a la información y la comunicación. Respetar al pie de la letra la visión tradicional de comunicación de Shannon, impide que la conclusión expuesta en el párrafo anterior tenga sentido, por esto hemos

decidido ir más allá de las teorías tradicionales de la comunicación que inspiran al computacionalismo delineando las bases de una redefinición de estos conceptos para poder establecer la unidad de análisis de la cognición.

Sin embargo, a simple vista sería muy fácil proponer a la *información*, tal como la redefinimos en el capítulo anterior, como “la” unidad de estudio de las Ciencias Cognitivas. Esto implica que bastaría con estudiar aquellos vehículos que emergen y mantienen el flujo de información, es decir, estudiar simplemente los componentes fisicoquímicos en una interacción protocomunicativa, ya sea hormonas, neurotransmisores y otras moléculas, o simplemente estudiar las conductas y los símbolos de forma aislada que emergen de una interacción comunicativa.

Esta posibilidad a nuestro parecer es inconveniente. El concepto de *información* y de *comunicación* que hemos planteado nos permite aterrizar el fenómeno de la cognición en un sustrato fisicoquímico y espacio temporal, pero ambos no deberían ser las unidades de análisis de esta ciencia, puesto que nunca en la naturaleza estos elementos aparecen aislados del sustrato que los genera: un sistema cognitivo. Además, estos fenómenos surgen y sirven para mantener este sustrato, y existen sólo en presencia y ante el funcionamiento del mismo. Es por esto que creemos que la unidad de estudio de las Ciencias Cognitivas, o este sustrato en el cual se da la información y la comunicación, consiste en los propios *sistemas cognitivos* que emergen de *sistemas vivos*, en sus diversas variantes como profundizaremos a continuación.

8.1. La Ciencia Cognitiva como una ciencia multinivel

8.1.1. Sistemas cognitivos

Siguiendo parcialmente las propuestas de Giere (2004) respecto a los sistemas cognitivos distribuidos expuestas en el capítulo III, sección 3.2.4., 3.2.5 y 3.3., junto a las ideas de Varela, Hutchins, entre otros, la unidad de análisis de la ciencia cognitiva serían los *sistemas cognitivos* definiéndolos como *cualquier sistema, ya sea vivo (seres multicelulares) o implementado por seres vivos (interacción presocial, protosocial y social en si), que almacene información y que pueda comunicar esta, para mantener su propia supervivencia o estabilidad, o para mantener la homeostasis de un sistema más amplio al cual pertenece como componente*. Si lo vemos desde este punto de vista, la *información* posee un rol esencial, sin ella en el contexto protocomunicativo o comunicativo, sin que se transmitan las irritaciones de ciertas

células al interior del cuerpo o a través de la comunidad de células, se desploma el funcionamiento del sistema cognitivo, pues las reacciones químicas o físicas requeridas para mantener la homeostasis no se producen o no se orquestan en los momentos indicados, dejándose de generar las relaciones constitutivas, de especificación y orden, que caracterizan a los organismos autónomos (Maturana & Varela, 1994).

Siguiendo estas definiciones, podemos establecer que existen algunas peculiaridades necesarias de tomar en cuenta. Se produce un *sistema cognitivo intraorganísmico*, cuando las unidades vivas interactúan entre sí de forma directa al *interior* de un organismo multicelular, animal o humano. Sin embargo, los *sistemas cognitivos intraorganísmicos* tienen un tope: nunca en el conjunto de interacciones intraorganísmicas deja de *predominar* la interacción química, de las cuales la más compleja, es la interacción entre neuronas, que tiene un carácter electroquímico; por lo tanto, nunca deja de predominar la *protocomunicación*.

En segundo término, tenemos el caso de sistemas cognitivos que interactúan con el medio externo a su ser multicelular, y establecen relaciones con su ambiente de forma directa. Este nivel es un *sistema cognitivo interorganísmico*. En el mundo microscópico, las células aisladas establecen relaciones de tipo *protosocial* (como por ejemplo una cadena trófica de predación) y *presocial* con su ambiente y con otras células, formando *colonias* (Furusawa & Kaneko, 1998; 2002; Kaneko & Furusawa, 2000; 2001, Kaneko et al. 2008). Pero además, existen seres multicelulares que funcionan como individuos unitarios, permitiendo el desarrollo de nuevos mecanismos de interacción en el contexto de su dominio cognitivo en un ambiente distinto al ambiente interno de un ser multicelular, generando sistemas complejos que fueron dejando progresivamente atrás la interacción con un sustrato material bioquímico, para que predominen las *interacciones comunicativas propiamente tales*. Esto llevó a que los organismos multicelulares a su vez desarrollaron sistemas nerviosos, órganos sensoriales, neuronas y áreas corticales específicas para este fin.

8.1.2. Unidad cognitiva e Individuo cognitivo

Otro concepto clave es entender que en la naturaleza, los sistemas cognitivos tienden a conformar *unidades*. Las células esenciales tienden a aliarse con otras células para mantener estable su ambiente, formando una nueva unidad de orden superior. A esto, le podemos denominar *unidades cognitivas*, que podrían ser definidos

como “*agregado de componentes individuales vivos, que interactúan entre sí a través de comunicación de forma de mantener su identidad y organización como unidad robusta al interior de un organismo multicelular*”. Sus interacciones forman unidades superiores de tipo presocial, y una característica diferenciadora es que las relaciones que se establecen entre los componentes son *predominantemente* protocomunicativas. Ejemplos de estas unidades cognitivas, son los órganos. Una forma de distinguir un sistema cognitivo per se, de una unidad cognitiva, es que estas últimas poseen una organización que genera componentes con la misión esencial de separar físicamente el ambiente interno del externo, tal como las células epiteliales en los órganos, o la membrana plasmática en la misma célula. En el caso de un sistema cognitivo per se, su dinámica organizacional no genera componentes específicos, pero esto no significa que no podamos distinguirlos de su ambiente, ya que igualmente estos agregados de componentes muestran *robustez*, como en el caso de un simple tejido. La diferencia es que en una unidad cognitiva, esta robustez se *corporaliza* en un componente específico; en un sistema cognitivo simple, la robustez se manifiesta con el funcionamiento concatenado e indivisible de sus componentes.

Cabe agregar que una interacción entre unidades conforma un organismo multicelular complejo estable. A este organismo multicelular lo denominaremos *individuo cognitivo*, es decir, *un conjunto de unidades cognitivas, interactuando entre sí para mantener la autopoiesis de un organismo multicelular total, que a su vez interactúa con el ambiente externo, estableciendo sistemas cognitivos interorganísmicos*.

8.1.3. Los tres niveles de análisis de la Ciencia Cognitiva heredados de la Ecología

Según lo anterior, entonces, y haciendo un símil con la ecología, podemos decir que la unidad de análisis de las Ciencias Cognitivas, o *los sistemas cognitivos*, se presenta en tres modalidades: *la interacción de sistemas y unidades cognitivas con otros sistemas y unidades cognitivas* (entendiendo células en interacción con otras células, tejidos con tejidos y así sucesivamente hasta los sistemas de órganos), *la interacción cognitiva de individuos con su ambiente*, y *la interacción cognitiva de individuos con otros individuos*. Estos tres niveles de análisis son semejantes a los de la ecología, que plantea la investigación de la interacción entre los organismos y su ambiente, ya sea físico, con otras especies, o dentro de la misma especie. Sin

embargo, es necesario entender que las relaciones que analizamos no son solamente bioquímicas, *sino que son relaciones que se producen entre seres vivos desde el punto de vista de sus capacidades de protocomunicación y comunicación, lo cual sería uno de los elementos diferenciales entre las Ciencias Cognitivas y la Ecología.* Nosotros estamos enfocados a un aspecto de las características de los seres vivos, de entre muchos otros que analiza una ciencia Biológica como la Ecología: la información y la comunicación en sus diversas formas como elemento central para producir interacciones entre seres vivos, de tipo social ya sea primitivo o complejo. Por lo tanto, los sistemas sociales – proto, pre y sociales per se – están constituidos por comunicación, y viceversa: un sistema social esta constituido por cognición gracias a este flujo de información antes descrito, y la cognición se da solo en sistemas sociales, siendo un sistema social ante todo, un fenómeno *biológico*.

8.2. El camino hacia el individuo agente cognitivo.

Una vez definida esta unidad de análisis de las Ciencias Cognitivas, pretendemos dar pasos hacia entender lo que ha sido el santo grial de esta ciencia por mas de medio siglo: describir de forma precisa al *agente cognitivo*. Nociones generales ya hemos comentado en el capítulo III, resumiendo los problemas para establecer un límite que indique desde donde hasta donde podemos hablar de *actividad cognitiva humana*, lo cual en esta tesis asimilaremos como *mente*.

8.2.1. 1º característica de un sistema cognitivo: límites.

La mente es un fenómeno que aparece en su máxima expresión en ciertos organismos (los humanos), los cuales son entes vivos, y para estar vivos deben cumplir con condiciones propias de todo organismo vivo. *Una de estas condiciones, es poseer límites.* Entendemos que un límite surge de la forma o el proceso que permite al organismo vivo diferenciarse de su medio ambiente. Por ejemplo, en el caso de una célula tenemos un límite, que la separa visiblemente del ambiente: su membrana plasmática. Sin embargo, este límite no es una convención entre biólogos celulares, es un fenómeno autónomo propio de la célula, que emerge de su funcionamiento y que está presente exista o no un científico que observe. Además, es el fenómeno de la *organización* el que permite la constitución y mantención constante de la membrana

plasmática: sin esta organización de tipo autopoietico, se disuelve la membrana⁷, y el organismo vivo muere. En definitiva, los límites de los organismos vivos van más allá de una demarcación metodológica al estilo del individualismo metodológico, y tienen un fundamento empírico, visible y estudiable.

Es posible seguir corroborando esta observación si analizamos cómo se van estructurando los límites en los organismos multicelulares. Para esto proponemos una especie de cadena de desarrollo al interior de un organismo multicelular, o “*escala de complejidad organísmica*” (propuesta que representamos gráficamente entre las figuras fig. 20 a 30 y resumimos en la fig. 31), donde tenemos límites en una célula (membrana plasmática) (fig. 20), en una colonia o tejido (robustez y funcionamiento mancomunado con el fin de mantener funcionando al total de células que componen el tejido) (fig. 22), y en órganos y sistemas de órganos (células epiteliales que revisten los órganos, formando una separación gracias a la robustez y funcionamiento mancomunado de sus tejidos y células) (fig. 24). En todos los niveles, cada conjunto de células mantiene su autopoiesis como unidad cognitiva y como componente de un sistema de nivel superior. A su vez, cada unidad con sus límites claramente demarcados va teniendo funciones allopoiéticas en el contexto de interacciones dentro de este sistema de orden superior (sistemas de órganos o el mismo individuo), sin perder la autopoiesis de sus componentes ni sus fronteras: como ya sabemos, las células funcionan de forma allopoiética en el contexto de un tejido o colonia orientándose a mantener la misma (ver fig. 21). Los tejidos a su vez funcionan de la misma manera: al observar una glándula como el páncreas (fig. 25) hay ciertos tejidos, como los islotes de Langerhans que producen hormonas como la insulina, el glucagón etc, para mantener el metabolismo en un organismo multicelular completo. De esta forma, los islotes de Langerhans son tejidos componentes de un órgano, que funcionando de forma allopoiética en el contexto del mismo, mantienen su autopoiesis y sus límites como tejidos y a su vez contribuyen a la homeostasis del órgano y del organismo entero.

8.2.2. El “límite inferior” de la actividad cognitiva humana

Volvamos al límite del agente cognitivo. Si el límite entre una unidad viva esencial y su ambiente tiene las características mencionadas anteriormente y a lo largo de esta tesis, el límite del agente cognitivo debe tener características

⁷ *Que es una implementación material de esa organización, es decir, estructura.*

semejantes, *más otras*. Considerando que la mente humana es un fenómeno implementado y corporalizado espacio temporalmente en *entes vivos*, lo *relevante y necesario* para la constitución de los límites de la actividad cognitiva humana *debe tener relación con lo relevante y necesario para la constitución de límites de cualquier organismo vivo, unicelular o multicelular*.

Al interior del organismo biológico humano, se entiende tradicionalmente que las unidades vivas que interactúan entre sí para dar origen a los fenómenos cognitivos de cualquier tipo, altos o bajos, son células especializadas llamadas *neuronas*. Pero con las ideas de las teorías corporalizadas y alternativas de la cognición, hemos observado que es posible que no sean sólo las neuronas, como tipo celular aislado y único, el componente a partir de cuyo funcionamiento emerge la cognición humana.

Usando las unidades de análisis propuestas y nuestra argumentación de la relevancia de los límites en los organismos vivos, al interior de un organismo multicelular o *individuo humano*, la unidad de análisis de la cognición no sería sólo la neurona ni tampoco sólo su fenomenología neuroquímica, sino que tendría que ver con los componentes de un organismo multicelular humano o animal, sean neuronas o no. Estos componentes le proporcionan *estructura* al sistema cognitivo, *corporalizando* en palabras de Varela, una organización específica humana en el espacio tiempo. Por lo tanto, a un nivel de *organismo biológico humano* (el principal candidato para ser un agente), las Ciencias Cognitivas deberían empezar considerando un primer nivel de análisis, que no funciona separado de los demás (niveles neuroquímicos o conductuales y sociales), un nivel que podría ser definido en breve como *el estudio de las neuronas y su ambiente*”, una idea semejante a las “*cell assemblies*” que Pulvermüller describe en su artículo “Words in the brain’s language” (1999) inspirándose en las ideas de Donald Hebb (1949). En otras palabras, *el estudio de las neuronas y su ambiente* puede ser descrito como *el estudio de organismos vivos como las neuronas humanas, y su interacción con otras neuronas o grupos de neuronas, y con otras células o conjuntos de células del cuerpo, en un ambiente interno mantenido estable por el mismo cuerpo*. Consideramos que *este es el punto de inicio del estudio de la cognición en el agente humano*. La neurología, y en general la biología molecular, se han encargado bien en el estudio de las relaciones de la neurona con su ambiente fisicoquímico inmediato, pero es tarea de los científicos cognitivos estudiar su interacción con otras células, neuronas o no, tejidos y órganos, y cómo esta interacción implementa el fenómeno mental.

Como se ve, la interacción a este nivel entre neuronas, y entre grupos de neuronas entre sí, tiene implicancias distintas a la interacción simple de la neurona con su ambiente físico. En la segunda se siente lejana la posibilidad del surgimiento de un fenómeno cognitivo de tipo humano, quizás simplemente, por que esta situación no se da en el ambiente natural a menos que como científicos hagamos esfuerzos para producirla en un laboratorio. Sin embargo, la interacción de dos neuronas humana, o de una neurona y una célula humana (como se da con los husos musculares) implica que la posibilidad de emergencia de cognición humana se acerca exponencialmente, por que este tipo de interacción si se produce en la naturaleza, y más aún si hablamos de grupos de neuronas. A partir de esta interacción entre neuronas *humanas* está siempre *la potencialidad de un fenómeno cognitivo de tipo alto*. Es esta potencialidad la que nos permite proponer que el límite inferior de la actividad mental del ser humano se ubique en este sitio. Por lo tanto es aquí donde podemos trazar una línea entre un fenómeno de tipo bioquímico y un fenómeno de tipo mental. A este límite, lo denominaremos "*límite inferior de la mente o de la actividad cognitiva del individuo agente humano*".

Es necesario agregar que en esta propuesta la genética tendría un rol esencial, pero no determinante. La genética tiene el rol de *codificar* la *organización* de las células *propias de un ser humano*, células que producto de esta codificación están *determinadas* a interactuar entre si *de la forma que lo hacen en un ser humano*. Además, la constitución genética de tipo humano da *la potencialidad* para que como ser multicelular el ser humano *desarrolle un tipo de sistema nervioso que le permita interactuar con otros organismos de la misma especie y con su ambiente físico*. Sin embargo, hasta aquí llega el rol de la genética en un la actividad cognitiva del individuo agente, o *sistema mental humano*. La genética delimita el campo de posibilidades, pero no establece el camino que se recorrerá en ese campo. Este camino esta determinado por la interacción entre esas potencialidades y la historia de interacciones del organismo humano con el ambiente físico y social al cual pertenece, o simplemente, su *ontogenia*. Y a nivel intraorganísmico, son tanto las influencias internas y externas a la célula, la que se encargarán de determinar la *estructura* de célula necesaria para implementar ese sistema nervioso propio del ser humano a través de diferenciación celular – la neurona humana – el dominio cognitivo de esa célula, – células humanas y ambiente interno del cuerpo humano – y el dominio

cognitivo en el cual se desempeñará el individuo humano con ese sistema nervioso, es decir, una cultura y una sociedad.

8.2.3. 2ª característica de un sistema cognitivo: interacción con el ambiente

En este apartado, iniciaremos la especulación para encontrar el *“límite superior de la actividad mental o cognitiva del individuo agente humano”*. Esta tarea es mucho más difícil, pero creemos que hay algunas consideraciones que nos ayudarán a sentar las primeras bases. Estas consideraciones, parten con las tesis distribuidas y extendidas de la cognición, ampliamente expuestas en el capítulo I y retomadas en el capítulo III. La hipótesis que guía el siguiente análisis, es que el límite de la cognición humana *no se extiende o distribuye al ambiente de forma total*.

Como se observa en las figuras 20, 22, 24, 26 y finalmente 29, a medida que vamos avanzando en esta *escala de complejidad organísmica* a través de la cual un ser vivo se constituye en un ser multicelular complejo, se va repitiendo la mantención de límites. Pero a su vez *se repite la interacción con las perturbaciones del medio ambiente físico interno en el marco de sistemas presociales en donde predomina una interacción protocomunicativa*.

Observando las figuras mencionadas, podemos ver gráficamente lo anterior. La interacción de cualquier unidad viva con su ambiente es necesaria para mantener al ser vivo como unidad autopoietica y *con una potencialidad de interacción cognitiva con su medio progresivamente compleja*. La importancia y robustez de esta interacción es posible de ser observada cuando se hacen transplantes de algún órgano. En este caso podemos mantener al corazón fuera del organismo, latiendo y viviendo durante algún tiempo si le proporcionamos aproximadamente las mismas condiciones ambientales que tendría si estuviese dentro. Esto es un ejemplo de la robustez e independencia de estos componentes, que desde el punto de vista cognitivo constituiría una *unidad*, y que se explica fácilmente por su constitución como sistema autopoietico. Sin embargo, la extracción del órgano hace que inmediatamente pierda su calidad de componente en relación allopoiética con sistemas de orden superior, como son el sistema de órganos (venas, arterias, vasos sanguíneos en general) y del individuo al cual pertenece. Esto explica porqué si le quitamos las condiciones artificiales al órgano que hemos extraído, o lo queremos mantener por un tiempo indefinido, inevitablemente morirá en algún momento, pues ya no cuenta con el ambiente interno estable, propio y *exacto*, del organismo que lo mantenía vivo.

Por lo tanto, esta claro que en la naturaleza, esta interacción con el ambiente (interno en el caso del corazón) es muy relevante, y se va generando cada vez que ascendemos por esta *escala de complejidad organísmica*, incluso, cuando llegamos al individuo. Lo anterior, no quiere decir que sea *la misma interacción*, sino que el patrón o su *organización es semejante*, y en palabras de Varela, la diferencia no la hace su organización, sino que la estructura en la cual se implementa en el mundo.

8.2.4. Cognición extendida y distribuida en la naturaleza: individuo - ambiente.

Siguiendo lo expuesto, no es descabellado afirmar que la organización a través de la cual una célula interactúa con el ambiente, se repite también en el caso de analizar a un organismo multicelular unitario, o individuo, interactuando con el ambiente. A nuestro parecer, este patrón que hemos descrito, como observamos en la figura 26 y 29 , abarca los mismos preceptos de la cognición extendida de Andy Clark, en el momento en que lo observamos a nivel de individuo multicelular. Siguiendo el patrón de interacción de todo ser vivo, un individuo, ya sea un reptil, un ave, un primate o un humano, también mantiene relaciones estrechas con su ambiente físico o social, como lo muestra por ejemplo Bosse, Jonker, Shut y Treur (2006) con colonias de hormigas. Sin embargo, en este caso esa interacción se realiza con un ambiente muy diferente al que lo hace una célula o un órgano. En vez de un medio interno, tenemos un medio externo; en vez de un medio acuoso, tenemos un medio en el cual predominan otros elementos distintos a los que hay en el mar o al interior de un organismo. Ya no solo se interactúa con moléculas, sino que con piedras, huesos, ramas, y paisajes. Esta situación afecta directamente las materialidades como sustrato para la comunicación, fenómeno que como hemos argumentado, constituye la relación de tipo cognitiva y social en los seres vivos. Por lo tanto la protocomunicación se hace obsoleta, y es la comunicación la que predomina, para aprovechar las condiciones que presenta una biosfera como un desierto, un bosque, la montaña o el hielo.

Además, aparece un nuevo factor, constituido por el hecho de que el individuo multicelular con el pasar de la evolución fue creciendo en tamaño, lo que implica que ya no tenemos una ameba microscópica que se desplaza para fagocitar a otros microorganismos o captar iones y nutrientes del ambiente, sino que tenemos un animal de unos cuantos metros, que debe estructurar una forma distinta de captar nutrientes, cazando a otros animales o consumiendo vegetales en árboles de gran altura, para lo cual ha desarrollado evolutivamente estómagos, mandíbulas, pulmones

y cerebros. Es por esto que en el nivel de interacción individuo – ambiente (fig 26 y 29), el individuo interactúa además de con moléculas (a través de la respiración, por ejemplo), con la estructura topográfica de su ambiente (generándose fenómenos como la territorialidad, por ejemplo) y con otros seres que conviven con él en el mismo lugar (generando cadenas tróficas para captar nutrientes y moléculas esenciales para la vida, o relaciones sociales con seres de la misma especie).

Estos fenómenos, son interacciones con el medio ambiente, pero a diferencia de los seres vivos unicelulares, el sustrato fisicoquímico está menos implicado en estos fenómenos, y toma preponderancia la conducta, proveniente de una irritación en un contexto comunicativo, tal como se ha explicado en el Capítulo VII. Incluso podemos ir más allá, y analizar lo que representamos en la fig. 19, donde el ambiente es utilizado ya no solo como una herramienta destinada a satisfacer las necesidades básicas, como alimentación, espacio, etc, sino que puede ser usada como herramienta para comunicar las propias irritaciones a otros conoespecíficos, en el caso de la comunicación simbólica.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, que los individuos multicelulares usen su ambiente para comunicar y extender sus capacidades para que produzcan irritaciones en otros seres de distinta o la misma especie, es algo muy común. Y mientras más ascendemos en la escala evolutiva en dirección al ser humano, podemos observar cómo la utilización de estas manipulaciones se va haciendo más frecuente y cotidiana.

8.2.5. Interacción humano – ambiente.

A la luz de lo expuesto hasta ahora, las premisas de Hutchins y Clark son perfectamente entendibles: existe una compleja relación de los individuos con su ambiente y con otros individuos, que se puede considerar como un *sistema cognitivo*.

En el caso del individuo agente cognitivo humano las cosas serían semejantes pero con algunas diferencias. Como afirmamos en el apartado anterior, esta vez un ser vivo ya no debe interactuar con minerales, el PH ambiental y moléculas orgánicas, sino que con rocas, maderos y paisajes. Y en el caso del ser humano este ambiente se ha ido complejizando a medida que la civilización se ha ido desarrollando, de forma que ha tenido que ir adaptándose a las nuevas condiciones estructuradas – y a veces caóticas – de una ciudad, y de las nuevas tecnologías. Sin embargo, en cuanto a su *organización* más básica, este sistema humano/ambiente no se diferencia mucho del

sistema primate/ambiente, y sigue los mismos patrones de interacción célula /ambiente.

Por lo tanto, Clark tiene razón: existe un *sistema cognitivo* en la interacción de Otto con su cuaderno, e incluso con un computador. Sin embargo, esto no es suficiente argumento para diluir a Otto en esta interacción, ya sea como unidad cognitiva o como individuo agente, a no ser que nuestro foco este centrado *sólo en la interacción* entre Otto y su notebook. Aquí estaríamos haciendo otro tipo de análisis, un análisis quizás de tipo antropológico, en un sistema que trasciende al individuo, y sería válido dejar en segundo plano al agente (en este caso Otto) pero sólo por motivos *metodológicos y epistemológicos*: en la naturaleza, Otto sigue siendo componente de ese sistema cognitivo.

En un sistema cognitivo autónomo como el planteado por Clark, inserto en la naturaleza, la dilución del agente no ocurre. Los componentes (Otto y el notebook) tienen su propio tipo de organización, y funcionan de forma allopoiética en un sistema de nivel superior constituido por el hecho de que Otto escriba lo que aprende en el cuaderno, sin perder esta autonomía, es decir, sin perder su *identidad*. Lo expuesto aquí, es uno de los principales argumentos por los cuales no es posible diluir al agente humano – o individuo – en un sistema cognitivo extendido: *la naturaleza no requiere de este paso para que un sistema cognitivo se extienda en su ambiente*.

8.2.6. Interacción humano – otros humanos

Por otro lado, las ideas de Hutchins también tienen cabida en el esquema propuesto en esta tesis. Parafraseándolo, existiría un sistema cognitivo complejo, distribuido tanto en elementos físicos en el ambiente (herramientas, hojas de cálculo, un papel para calcular una multiplicación, instrumentos de medición de la velocidad, presión, humedad, etc., calculadoras, computadores) como en *otros individuos conespecíficos*. En uno de sus papers, Hollan y colaboradores afirman que “la organización social es en si misma una forma de arquitectura cognitiva” (Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000), ya que, como lo indica Hutchins en su ejemplo del puente de navegación de un barco (Hutchins, 1995a), las tareas para realizar la conducción del mismo en un contexto siempre cambiante (variaciones del nivel del mar y del oleaje, temperatura, clima, etc.) están distribuidas en la tripulación, a través de cargos y acciones en relación a estos cargos. Para que la navegación sea exitosa, cada tripulante debe ser experto y tener claro un grupo de tareas, que pueden ser desde

mantener estable el funcionamiento de las maquinarias del buque hasta procurar mantener la moral de los tripulantes arriba con una buena alimentación, tarea propia de un cocinero. Por lo tanto cada tripulante o componente humano de este sistema social no necesita saber lo que sabe el capitán, ni menos lo que sabe el maquinista. De hecho, si sólo un tripulante supiera todo lo que hay que hacer y lo ejecutara al pie de la letra, el barco simplemente se hundiría, ya que una sola persona no tiene la capacidad ni mental ni física de pensar y realizar todas las tareas. Mantener el buque a flote y conducirlo a su destino, está distribuido en toda la tripulación y sus instrumentos, e incluso, si uno de los tripulantes falla o no puede ejercer su tarea, vendrán otros que lo reemplacen, a la forma en que un organismo multicelular sule o reemplaza un componente fallido para continuar manteniendo su homeostasis interna y no morir o perder su identidad.

Por lo tanto, las afirmaciones de Hollan y Hutchins no se alejan demasiado de nuestra propuesta, ni tampoco de los patrones de interacción que se dan en animales inferiores. Los seres multicelulares exhiben complejas interacciones, que los llevan a establecer relaciones sociales estrictas como las que se producen al interior de una manada o en una familia (fig. 27 y 30).

Sin embargo, tampoco consideramos que sea necesario diluir definitivamente al agente o a los componentes que constituyen el sistema (seres humanos y herramientas) tal como proponen algunos entusiastas (Knorr-Cetina, 1999; Latour, 1996; Latour & Woolgar, 1986), a no ser que queramos analizar – y nuevamente sólo para analizar o realizar una exploración de tipo intelectual – las relaciones que se producen, o el sistema cognitivo distribuido o social que se genera. En este contexto es claro que los componentes, como en todo sistema, pierden su capacidad causal absoluta, y pasan a ser parte del conjunto de fuentes de perturbación que alteran al conjunto de relaciones que forman el sistema distribuido. Sin embargo, eliminar el agente cognitivo es ir demasiado lejos. La eliminación, o dejar en segundo plano al agente o al individuo humano, puede ser un enfoque metodológico propio de la Sociología, pero en ningún momento una decisión epistemológica que permeee todas las Ciencias Sociales.

8.3. Resumen

A través de este capítulo, podemos concluir una serie de premisas. Primero, la cognición es un fenómeno en el cual fluye información, unidad material cuyo conjunto

y proceso en un espacio tiempo le hemos denominado *comunicación*, en las variantes ya descritas. Segundo, los sistemas sociales – en las variantes diferenciadas – están constituidos por comunicación, por lo tanto sistema social y sistema cognitivo son las dos caras de una misma moneda, y son las formas a partir de las cuales los sistemas autopoiéticos, u organismos vivos, interactúan entre si en la naturaleza.

Tercero, tenemos clara la noción de *sistema cognitivo*. A su vez, tenemos claro que estos sistemas cognitivos se manifiestan como sistemas per se, como unidades y como individuos. Cuarto, los componentes de un sistema cognitivo, ya sea en cualquiera de estas tres modalidades, son organismos vivos en interacción con su ambiente, físico o social, premisa que da origen a los tres niveles de análisis de la ciencia cognitiva, inspirados en la ecología: la interacción cognitiva de sistemas y unidades cognitivas con otros sistemas y unidades cognitivas, la interacción cognitiva de individuos con su ambiente, y la interacción cognitiva de individuos con otros individuos. Quinto, esta interacción con su ambiente, se da en todos los seres vivos, desde los unicelulares hasta los multicelulares; y a su vez, se da en todas las modalidades, ya sea como sistemas, unidades, individuos, e incluso individuos agentes humanos. Sexto, junto con lo anterior, la forma de mantener los límites que permitan diferenciarse al sistema cognitivo de su ambiente para constituirse como sistemas autónomos, también se repite a través de las mismas modalidades en organismos unicelulares o multicelulares. Por lo tanto ambos fenómenos, la interacción con su ambiente y la forma en que se mantienen los límites, deberían darse en el individuo agente cognitivo.

También podemos llegar a algunas conclusiones teóricas. Hemos propuesto que el punto donde comenzaría la actividad cognitiva humana, no parte del cerebro. Parte de las interacciones de células con carga genética humana, con otras células con carga genética humana, sobretudo neuronas, una idea cercana a la de Cosmelli y Thomsson expuesta en el capítulo II. A esto le hemos llamado "*límite inferior de la mente o de la actividad cognitiva del individuo agente*". En seguida, hemos propuesto algunas ideas para poder delimitar el límite superior, el cual se relaciona directamente con las ideas cognitivas extendidas y distribuidas, y que consiste en establecer hasta donde llega en el ambiente físico y social esta actividad cognitiva del individuo agente humano. Planteamos una naturalización de ambas posturas teóricas (extensión y distribución), debido a que precisamente esta interacción de sistemas, unidades e individuos cognitivos con su ambiente físico y social se da en todas los niveles de

análisis, tanto al interior del organismo como entre individuos animales. Por lo tanto, no solo la actividad cognitiva humana puede extenderse o distribuirse.

En definitiva, proponemos que la hipótesis de que un sistema cognitivo humano se distribuya o se extienda, y la idea de que las capacidades cognitivas propias del humano, como intencionalidad y conciencia se extiendan también, deberían tratarse como *dos problemas separados*, que no se tocan, y que deben ser tratados de forma diferencial. Lo anterior por dos razones: Una, el individuo agente cognitivo humano, como todo sistema cognitivo, se extiende y se distribuye. Y la segunda, el sistema cognitivo humano se corporaliza en un *individuo*, que emerge de la interacción intraorganísmica de unidades y sistemas de distintos niveles. Por lo tanto es una *unidad*, con su propia y característica forma de establecer sus límites de forma natural, que ocurren *en* el propio individuo, y le pertenecen. Lo anterior no se contradice con que este individuo agente pueda extenderse y distribuirse, lo que equivale a participar de sistemas de orden superior, porque esta capacidad es propia de los sistemas cognitivos en general. Sin embargo, son *sólo capacidades*, no constituyen al individuo cognitivo. Son fuerzas que influyen, no elementos estructurales.

Además, el sistema social propio del ser humano interactúa constantemente con el individuo agente, gracias a un estrecho acoplamiento estructural (fig. 32). Y a su vez hace que el individuo agente se desarrolle en su ontogenia, gracias a la plasticidad estructural. Sin embargo, es importante tener claro que la historia de perturbaciones producto de este acoplamiento *se corporaliza en el individuo gracias a la plasticidad estructural del mismo* (fig. 32), y a pesar que parte de esa historia se mantiene en el ambiente (como por ejemplo la historia de la evolución de un lenguaje) en su mayoría permanece en él, siendo el componente que más debe cambiar en esta interacción, como sucede cuando una persona aprende ese idioma. Este es uno de los principales argumentos para mantener al agente cognitivo, pero como veremos en el epílogo, persisten algunas dudas.

Por lo tanto, nuestra premisa inicial sobre el agente cognitivo, que decía “el límite de la cognición humana *no se extiende o distribuye al ambiente de forma total*”, puede ser reformulada planteando que *el individuo agente cognitivo humano, como sistema cognitivo, integra un sistema de orden superior, o sistema social, gracias a su capacidad inherente como sistema cognitivo de extenderse y distribuirse. Pero además, posee capacidades propias de un tipo especial y único de sistema cognitivo: el del agente cognitivo humano, como son la conciencia, el lenguaje, entre otros. Esta*

forma propia del ser humano de desplegar su autopoiesis, es precisamente la que le permite integrar sistemas sociales de tipo humano, donde extiende y distribuye su operatividad cognitiva para formar parte del mismo. Para que las propuestas de los partidarios de la hipótesis distribuida radical fuesen posibles, debería sobrepasarse los límites que naturalmente constituyen al ser que posee agencia cognitiva humana, es decir, los límites que constituyen a un individuo de forma *material*. Si en la naturaleza esto realmente sucediese así, sería de la misma forma imposible distinguir sistemas de unidades cognitivas, es decir, no podríamos *tocar* un órgano, o diferenciar un tejido, ni tampoco podríamos distinguir individuos, siendo imposible ver seres vivos individuales recorriendo los campos de la tierra. Como se ve las unidades y modalidades propuestas en esta tesis para entender la cognición son tan potentes y tangibles, que permiten que en la naturaleza los seres vivos se diferencien entre sí de forma autónoma. Si esto no sucediera, la vida, junto con una característica que le es propia, la cognición, sería una masa amorfa de procesos y sistemas del cual no podríamos observar o diferenciar ningún componente.

Epílogo:

El agente cognitivo: conclusiones y desafíos

9.1. El problema del límite superior del individuo agente cognitivo

En el capítulo anterior a partir del punto 8.2.2. hemos propuesto lo que denominamos el *límite inferior* de la actividad cognitiva humana o mente. Le hemos denominado tentativamente de esta forma ya que nos permite separar el sustrato exclusivamente bioquímico del ser humano, de un sustrato cognitivo que nace a partir de las relaciones presociales que establecen sus componentes, ya sea sistemas o unidades cognitivas. Y el rótulo de '*inferior*', simplemente proviene de que los sistemas y fenómenos cognitivos van ascendiendo en complejidad a medida que avanzamos por la escala de complejidad organísmica propuesta.

Sin embargo, es el *límite superior* de la actividad cognitiva humana el que trae más complejidades. En el capítulo VIII hemos visto que dos capacidades de los sistemas vivos, como son la mantención y generación de límites y la extensión de sus capacidades a sistemas cognitivos de orden superior externos al individuo, son características propias de todo sistema cognitivo a cualquier nivel. Por lo tanto el individuo agente humano basa sus límites en estos principios, pero el problema consiste en establecer hasta donde llega el funcionamiento propiamente humano: si se queda al interior del individuo o se distribuye y extiende a su ambiente físico y social, lo que implica que las capacidades propias del ser humano, como el lenguaje y la conciencia, se extienden también. A esto le hemos *denominado tesis distribuida radical*.

La tesis distribuida radical siembra dudas respecto al límite superior, y creemos que estas dudas provienen de que se mantiene aún sin resolver del todo en la Neurociencia Cognitiva y la Biología el tema de la conciencia y de todo lo que emana de ella (representaciones, intencionalidad, capacidad de planificación, lenguaje, historia humana, imaginación, valores, la actividad "off line" de Margareth Wilson, las "representaciones materialmente fundadas" de Anderson, los "problemas ávidos de representación" de Clark, y un largo etc., a lo cual le denominaremos *actividad*

cognitiva humana alta). Es innegable que esta capacidad del ser humano recibe influencias sociales y culturales, sobre todo en el desarrollo ontogenético y en el proceso de configurar la conciencia de una persona madura, ya sea entendida esta como conciencia de sí mismo, como conciencia ética y moral, o el sentido que deseemos darle a esta capacidad, de los cuales hay muchos (Chalmers, 1996; 1995).

Lamentablemente, este problema quedará sin una respuesta definitiva en esta tesis, debido a que el estudio de estos fenómenos en neurociencia y biología aún está en ciernes, y se debe esperar sus avances para solucionarlo. Y la respuesta deberá girar en torno a dilucidar las siguientes interrogantes: ¿Cómo es que la *actividad cognitiva humana alta* se *corporaliza* en un individuo como el ser humano? ¿Qué dinámicas biológicas internas a un individuo permiten que emerja esta capacidad en un ser humano? Si en el futuro logramos explicar cómo es que células y tejidos nerviosos o no, y órganos y sistemas de órganos se articulan materialmente para generar este fenómeno, tendremos un gran avance. Y ese avance será aún mayor en el ámbito de delimitar los límites del agente cognitivo humano, si logramos establecer que esos fenómenos se implementan en el *individuo*. Lo anterior, debido a que si esto es así, como el individuo es intrínsecamente un sistema cognitivo complejo, no hay contradicción con la tesis de que extiende y distribuye su cognición en el ambiente, pues esta capacidad es inherente a cualquier sistema cognitivo. Por lo tanto, quedaría claro que la actividad cognitiva humana alta es una *propiedad* del individuo cognitivo agente humano, que además posee como *propiedad* extenderse y distribuirse en su ambiente en sistemas sociales y culturales de orden superior. La conciencia y sus implicancias, vista de esta forma, tiene un status semejante a la capacidad de una célula de producir una hormona: *si esta célula posee la propiedad de producir insulina para poder integrarse a sistemas presociales de orden superior, el ser humano tiene la propiedad de implementar conciencia para integrarse a sistemas sociales de orden superior*.

Como hemos planteado, aún no está claro cómo es que emerge esta propiedad en los seres humanos, y persisten muchas dudas de tipo filosófico, epistemológico y metodológico. Sin embargo, creemos que nuestras propuestas tienen algo que aportar en esta tarea, y sabemos que hay mucha investigación en Neurociencia y Biología en etapas iniciales que apunta a lo mismo. Es por esto que a modo de Epílogo, resumiremos qué ideas serán útiles en esta travesía.

9.2. Organización y estructura en la delimitación del individuo agente cognitivo.

Tenemos claro que el ser humano posee una *organización* que permite: i) que esté vivo, ii) que como organismo multicelular biológico sea un individuo cognitivo, y iii) que como tal establezca relaciones complejas con otros individuos cognitivos y el ambiente que los rodea. Pero rápidamente salta a la vista que implementaciones de una organización biológica en el mundo, existen tantas como seres vivos existen en el planeta, por lo tanto una conclusión preliminar y errónea desde el punto de vista de la organización aislada, sería plantear que no existen diferencias cognitivas entre seres vivos, sea estos unicelulares, multicelulares o humanos.

Sin embargo, a simple vista es posible distinguir entre distintos tipos de especies y observar que existen diferencias notables que no pueden ser soslayadas. Es necesario entonces ir más allá de la *organización* para diferenciar que el *sistema cognitivo individuo – agente*, de otros individuos. Esta capacidad de distinguir entre especies es gracias a su *estructura*, entendida como la implementación material y espaciotemporal de una organización viva. Todas las especies de seres vivos, siguiendo a Varela y Maturana, son la manifestación de la misma organización que caracteriza a la vida, la que sin alteraciones, se corporaliza en distintas estructuras, lo que nos permite distinguir entre un paramecio y un elefante, o un humano.

Siguiendo esto, podemos entonces fácilmente establecer una distinción, biológicamente cimentada, entre un individuo humano y un individuo animal, que el concepto de organización por si solo no nos permite establecer: Los seres humanos estamos constituidos por componentes (células y unidades cognitivas) que interactúan entre si para dar a luz *solo a un ser humano*, gracias a la carga genética que forma parte de estos componentes. En cuanto a organización, una célula humana no se diferencia de otra célula animal: ambas están vivas y mantienen su organización e identidad intacta compensando las perturbaciones internas y externas. Pero la diferencia entre estas células es que una tiene carga genética humana y la otra tiene otro tipo de carga genética. Esto hace que la implementación en el mundo de estas dos células hipotéticas, sigan derroteros distintos entre sí: si estas células son totipotenciales, la célula animal desarrollará órganos propios de aquel animal, y *nunca podrá desarrollar órganos fuera de este esquema, como un cerebro humano* (a no ser que se pudiese lograr con alguna tecnología genética del futuro, problema que merece

otra tesis para discutirlo). En cambio la célula totipotencial humana, sí tiene la capacidad natural de desarrollar un organismo humano, con órganos que interactúen entre si para constituir a un ser de esta índole. Se desarrollarán un hígado, riñones, un corazón, un sistema inmunológico adecuado, y un cerebro y un sistema nervioso central capaz de desplegar capacidades cognitivas altas.

Por lo tanto, la potencialidad de existencia de un Agente Cognitivo emerge desde el momento mismo en que existe una célula con carga genética humana. Esto posee una importancia radical, resumida en tres premisas: a) que aquella célula humana es un sistema vivo, b) que es una célula que formará un ser multicelular o individuo *de tipo humano*, y c) que al pertenecer a un individuo *de tipo humano*, este tendrá una alta posibilidad de exhibir complejas relaciones con *otros individuos de tipo humano*. Por lo tanto, se cumple lo que Varela refiere acerca de la estructura, afirmando que esta tiene el rol de “definir el tipo de fenomenología que genera (una organización) en un dominio” (Varela, 1979, p. 31.) Esto quiere decir que *es rol de la estructura, y no de la organización, definir el tipo de cosas con las cuales se enfrenta el ser vivo en su existencia espacio temporal*, lo cual se ve reflejado con que un organismo en el cual sus componentes tienen una constitución estructural que incluye una carga genética humana tendrán distintas interacciones con su ambiente que un individuo con carga genética de un elefante, por ejemplo. Por lo tanto, al ser humano *no le pasaran las mismas cosas que a un elefante*, en el ambiente en que se desenvuelva. De hecho es cosa de ver qué pasaría si soltamos un elefante en una ciudad. Probablemente moriría, atropellado por un tren o en manos de cazadores humanos, cosa que no le pasaría en la selva. Lo anterior, no es causa de la organización del elefante como organismo vivo, sino de su estructura como elefante, que le hace ser grande, con una trompa, grandes orejas, y relacionarse de cierta forma con elefantes, relación que no puede mantener con humanos. Esto muestra la directa relación entre el dominio cognitivo y la estructura, fenómeno que permite, y a su vez está detrás de los fenómenos cognitivos.

Lo anterior, es relevante por la simple razón de que estar determinado estructuralmente, implica que *el individuo humano se relacionará de una forma particular con otros seres humanos, propia de la especie, y que estas relaciones, producirán un conjunto de irritaciones que solo un ser humano puede exhibir y procesar, gracias a su estructura como ser humano*. Entre estas relaciones, esta el lenguaje, el uso de símbolos, la constitución de complejas cadenas jerárquicas

sociales, el vivir en ciudades o en conjuntos de refugios llamados “casas”, crear herramientas, inventos, y un largo etc. que incluye el pensamiento, las emociones, la imaginación, y todo procesamiento cognitivo alto.

Por lo tanto, en abstracto era plausible que la conciencia y otras características del agente cognitivo humano se extendiesen a su ambiente, pero al revisar la constitución espacio temporal de los organismos que exhiben cognición, sería materialmente imposible esta extensión.

9.3. Lo que queda por estudiar: actividad cognitiva humana alta

En primer lugar, es necesario comentar lo que tenemos claro. Hemos delimitado un tipo especial de ser vivo, el Homo Sapiens, que mantiene su autopoiesis *corporalizándose* en una estructura que lo caracteriza: el cuerpo humano mismo. Esta corporalización puede entenderse como *la interacción de diversas unidades cognitivas (células, órganos) en el contexto de sistemas cognitivos de nivel superior (tejidos, sistemas de órganos) cuyo funcionamiento en conjunto genera un ‘individuo’*. Por lo tanto, se puede concluir que *cualquier fenómeno que emerja de este individuo implica necesariamente que en él existen los componentes y se despliegan las relaciones útiles y necesarias para que se manifiesten esos fenómenos*. Este es otro argumento importante para pensar que cualquier actividad cognitiva humana alta es *atribuible al individuo*, ya que implica una activación en ese individuo, o dicho en otras palabras, implica una irritación.

En segundo lugar, tenemos que los individuos agentes humanos, como todo individuo en la naturaleza, participan de sistemas externos de nivel superior como componentes allopoiéticos. Lo anterior, queda representado en el ejemplo de Otto y su cuaderno. Sin embargo, hemos advertido que este caso hay que analizarlo de dos formas: desde el punto de vista de la relación entre los componentes, y de los componentes aislados. Desde el primer punto de vista, tenemos un *sistema cognitivo* entre Otto y su cuaderno, donde ambos son componentes del mismo, un sistema cognitivo que podemos llamar *cultural*. Pero desde el segundo punto de vista, tenemos a un *individuo*, en este caso agente humano, y una *máquina*, existiendo entre ambos diferencias insalvables: Otto posee en su cerebro *el tipo de elementos exacto*, que establece *la relación exacta* con otros elementos para implementar conciencia u otro fenómeno cognitivo humano: Neuronas, grupos de neuronas, estructuras cerebrales,

un cierto ordenamiento en la forma de responder en su sistema nervioso, entre otros, incluyendo finalmente otras células *humanas*. El ordenador, por el contrario, no posee ninguno de estos elementos. A pesar que la tesis de la cognición extendida establece que el cuaderno reemplazaría una parte de este sistema cerebral humano, que sería la capacidad de memoria, como apreciamos debería reemplazar más elementos y ser capaz de establecer más relaciones de tipo biológico con el cerebro de Otto para que se constituyera finalmente en parte del *sistema cognitivo que conforma al individuo*. Por lo tanto, la función del cuaderno en el paradigma de Otto es comparable a la de un bastón, si imaginamos que el mismo Otto se hubiese lastimado la cadera y le fuera difícil caminar.

Como tercera conclusión, está la aparente potente influencia del ambiente externo en el desarrollo y complejización de las capacidades cognitivas altas del individuo agente humano, las que a través de diversos mecanismos, como pueden ser los andamios culturales, lenguaje, enseñanza directa, entre otros, darían forma a lo que se entiende como funcionamiento propiamente humano. Sin embargo, consideramos, como planteamos en el capítulo anterior, que las capacidades para realizar este funcionamiento permanecen en el individuo y en su historia de cambios gracias a su plasticidad estructural y producto del acoplamiento estructural con esos andamios, con el lenguaje, etc. En general, en este tipo de sistemas individuo – andamio por ejemplo, lo que predominantemente cambia es el componente *individuo*, si el andamio consiste en aprenderse a abrochar los zapatos, o leer de forma ordenada el diario. Los andamios, como procedimiento, en general no cambian a través del tiempo, es el individuo el que cambia con mayor facilidad y almacena gracias a su plasticidad estructural la historia de esos cambios (fig. 32). Como se aprecia, nuevamente el individuo agente humano en este caso tiene características especiales, y es poco lógico diluirlo en todos los análisis.

De estas conclusiones, es posible entonces delinear algunas hipótesis. La primera de estas líneas de investigación, puede resumirse en lo siguiente: sea lo que sea la conciencia, la intencionalidad, los actos voluntarios o los valores personales, si se dan en un individuo agente humano, *deben funcionar y existir en torno a principios biológicos*. Lo anterior, implica que sea lo que estos fenómenos son, *no están constituidos por signos o arquitecturas abstractas independientes del cuerpo en que se implementan*. Por lo tanto estos fenómenos *deben seguir los mismos principios*

dinámicos biológicos con los cuales se implementa cualquier fenómeno en un organismo multicelular.

En segundo lugar, es claro que la interacción sociocultural que un individuo establece con su ambiente tiene un rol preponderante en la génesis de estos fenómenos y en toda capacidad de representación y abstracción característica del ser humano, rol que aún queda por entender. Aún así, observaciones de algunos autores expuestas en la presente tesis nos pueden guiar al respecto. Por ejemplo, tenemos la apreciación de Hutchins y Dennet acerca de lo que Turing pensó que sucedía en su cabeza al resolver un problema matemático, pasaje de una relevancia tremenda que pocos han destacado (Hutchins, 1995a, p. 361). Hutchins concluye que el procedimiento, más que ocurrir en la mente de Turing y reflejar el funcionamiento de la misma, es un mecanismo cultural adquirido: el símbolo de suma y los números de origen arábigo que utilizamos en la sociedad occidental para llevar a cabo cálculos, junto con el procedimiento para obtener el resultado, son formas de procesar matemáticamente un problema desarrolladas por la cultura occidental, y aprendidos por Turing. Por lo tanto, lo que este hizo *no fue reflejar lo que su mente hacía*, solo expresó un procedimiento cultural que automatizó posteriormente en un ordenador. Este ejemplo, más los de Latour comentados por Giere (2004), nos indican que en mucha medida el procesamiento abstracto que los humanos somos capaces de realizar, se ve influido potentemente por la cultura y la sociedad, y algo semejante debería ocurrir con otras habilidades abstractas humanas, como la conciencia de sí mismo, la planificación de eventos futuros, o la conciencia moral, entre otros. Sin embargo, estos ejemplos no aseguran que todo lo abstracto que es capaz de pensar un ser humano implique un procedimiento cultural en el que la dinámica biológica interna del individuo no participa. *Algo ocurre* al interior del ser humano, para que pueda utilizar estas herramientas culturales, cosa que *no ocurre* en un chimpancé u otro animal. Lo único que nos dicen estos ejemplos es que lo que ocurre al *interior del individuo humano* como ser biológico al resolver un problema matemático; las estructuras propias del sujeto como organismo vivo que interactúan en él para ejecutar este procedimiento aprendido, no tienen nada que ver con cadenas de procesamiento simbólico.

Todo esto nos lleva a delimitar otra línea de investigación y otra hipótesis: *Cualquiera sea la forma en que el ambiente sociocultural influya en la generación de fenómenos como la conciencia o la intencionalidad, o la capacidad de construir*

representaciones abstractas de nuestro mundo, surge durante el desarrollo ontogenético del individuo, el cual se caracteriza por incluir interacciones con otros individuos de la misma especie y por procurar en el agente la incorporación de patrones de comportamiento y pensamiento, cultivados filogenéticamente por la especie y específicamente por la cultura en la cual el agente humano esta inserto. Sin embargo, esta incorporación, que se da en el contexto de una interacción dinámica y constante del individuo agente como componente de un sistema cognitivo de orden superior, extendido y distribuido, se implementa en el individuo como componente siguiendo también principios dinámicos biológicos, como los expuestos en la presente tesis.

El tercer conjunto de hipótesis, gira en torno a la naturalización de la conciencia. Varela, et al. (1992, 1993) en su libro "The embodied mind" nos dan algunas luces de cómo comenzar un camino hacia naturalizar esta. Sus comentarios acerca de la forma que tendría la conciencia en la naturaleza y los fenómenos intencionales *en la mente del ser humano*, que surgen en torno a las capacidades e ideas budistas respecto al entrenamiento, con técnicas milenarias de esta capacidad, nos llevan a plantearnos la siguiente pregunta: si yoguis y maestros orientales han desarrollado durante milenios formas de entrenar la conciencia y otras habilidades abstractas, ¿como sería esto posible si la conciencia fuese sólo una arquitectura rígida lógico simbólica cuyo único procesamiento es captar símbolos y almacenarlos en la memoria a largo plazo?

Y la respuesta posible es doble: La forma con la cual se implementa la conciencia en la mente de los seres humanos, no es a través de estas arquitecturas, y por otro lado, la conciencia es una capacidad natural, como lo es levantar peso, aprender a jugar tenis, o aprender a comportarse en un contexto social, que es posible de ser entrenada y se rige por principios biológicos comunes tal como cualquier capacidad del cuerpo. Si para aumentar nuestra musculatura debemos pasar algunas horas al interior de un gimnasio, la conciencia como fenómeno natural seguiría el mismo patrón, pudiendo entrenarla y desarrollarla como capacidad, sin que sea necesario convertirse a una religión o seguir los principios de una filosofía divina, pues está en su naturaleza poder desarrollarse como cualquier capacidad del cuerpo.

Si tomamos en cuenta estas premisas, el camino hacia un análisis del fenómeno de la conciencia y en general cualquier fenómeno abstracto como la intencionalidad y la voluntad, desde un punto de vista científico, se alumbra un poco.

El individuo agente humano, gracias a la evolución que ha experimentado por milenios, ha sido capaz de desarrollar a partir de su constitución biológica mecanismos para implementar un fenómeno como la conciencia, y estos mecanismos resultan del desarrollo de su SNC gracias a su compleja interacción con un ambiente que pasó de ser solo árboles y rocas, a relaciones sociales complejas y fenómenos intraespecíficos.

Por lo tanto, tenemos suficientes razones y evidencia como para dejar entre paréntesis las preguntas filosóficas sobre la conciencia y lanzarnos a estudiarla científicamente. Ejemplos de este ánimo, podemos encontrar en estudios que intentan relacionar patrones de sincronía en diversas áreas con conciencia de tipo visual (Babiloni, Vecchio, Miriello, Romani & Rossini, 2005; Logothetis, 1999) o de experiencia consciente de situaciones emocionales y mecanismos neurobiológicos relacionados con la conciencia de las propias emociones (Damasio, Grabowski, Bechara, Damasio, Ponto, Parvizi & Hitchwa, 2000; Critchley, Wiens, Rotshtein, Ohman & Dolan, 2004), conciencia visual (Crick y Koch, 1997) y auto reportes de experiencias subjetivas durante medición con EEG (Lutz, Lachaux, Martinerie & Varela, 2002), en el contexto de metodologías empíricas que usan reportes en 1° persona como dato válido (Varela & Shear, 1999; Northoff & Heinzl, 2006) por nombrar algunos, enmarcados en los aportes empíricos y conceptuales de investigadores como Edelman (2003), Damasio (2002; 1997) y Lutz y Thompson (2003). Este estudio, que está recién empezando, nos permitirá entender cómo es que se implementa la conciencia en un ser humano como organismo multicelular, que papel juega el contexto sociocultural en su origen, tanto desde el punto de vista filogenético como ontogenético, entre otras preguntas. Y respecto al problema del agente, nos permitirá delimitarlo completamente, puesto que si logramos comprobar empíricamente que la conciencia es un fenómeno que ocurre a través de algún mecanismo biológico en el individuo agente humano, sería ya imposible extenderla totalmente al ambiente y distribuirla a la sociedad, pues encontraríamos que tiene una constitución corpórea y unos límites naturales espacio temporales, que permanecen en la compleja constitución del ser humano como individuo agente y como organismo multicelular.

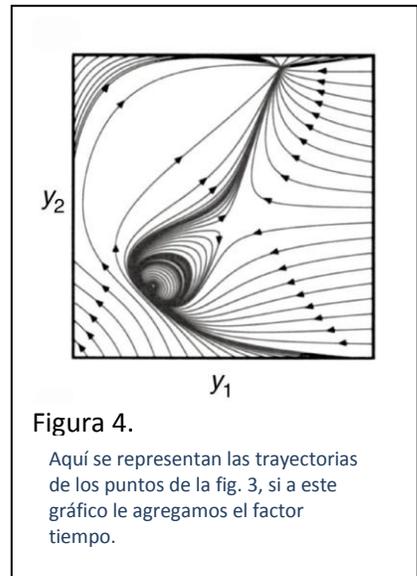
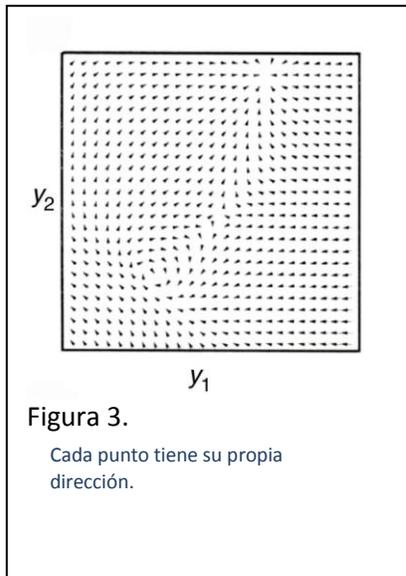
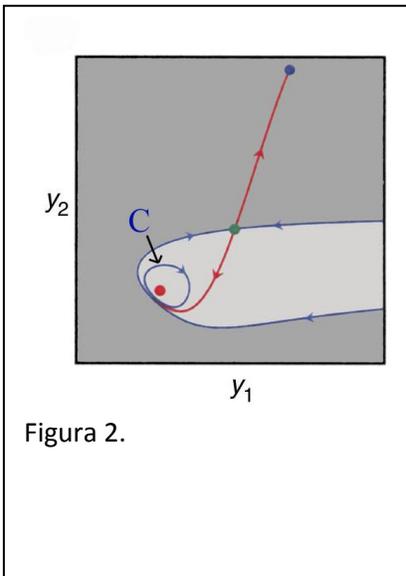
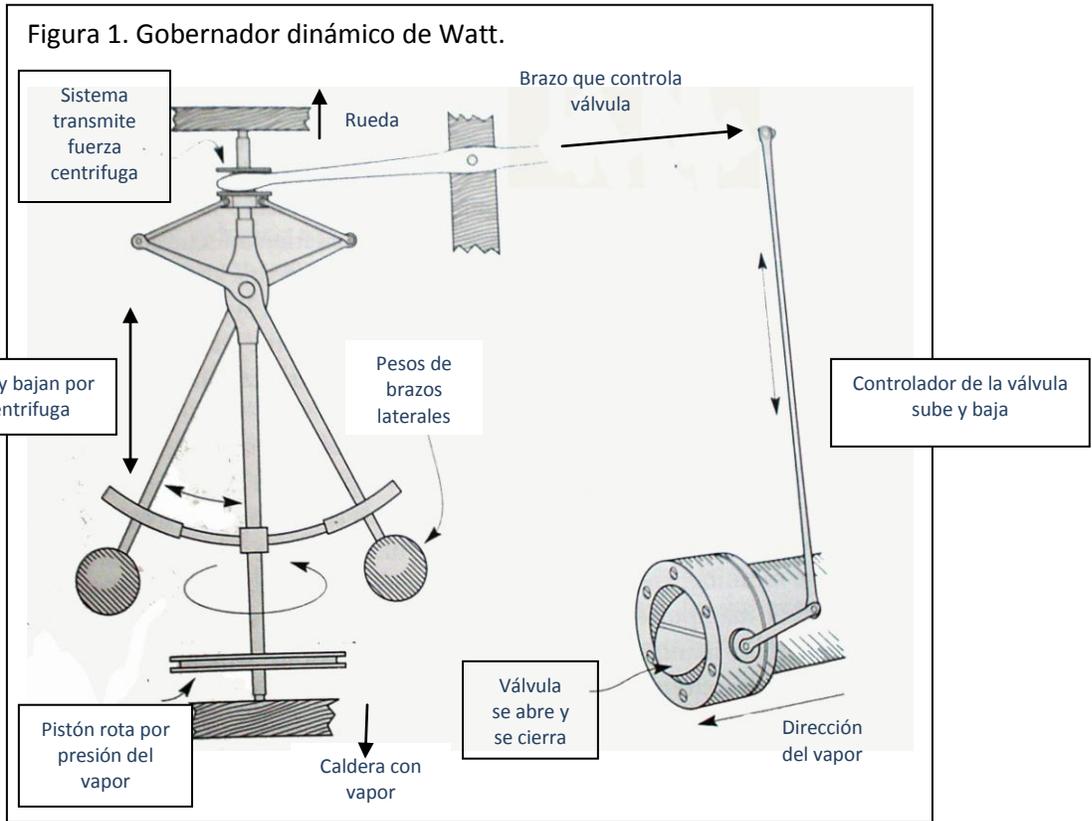


Figura 5. Capas funcionando en paralelo en el modelo de Brooks.

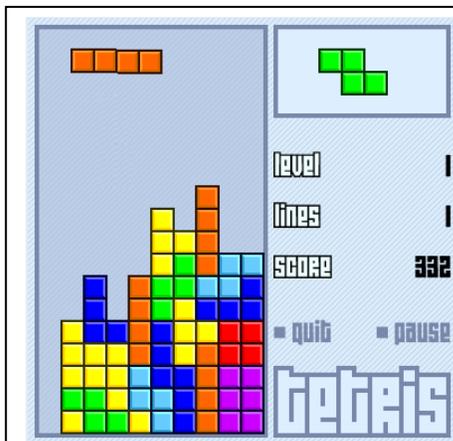
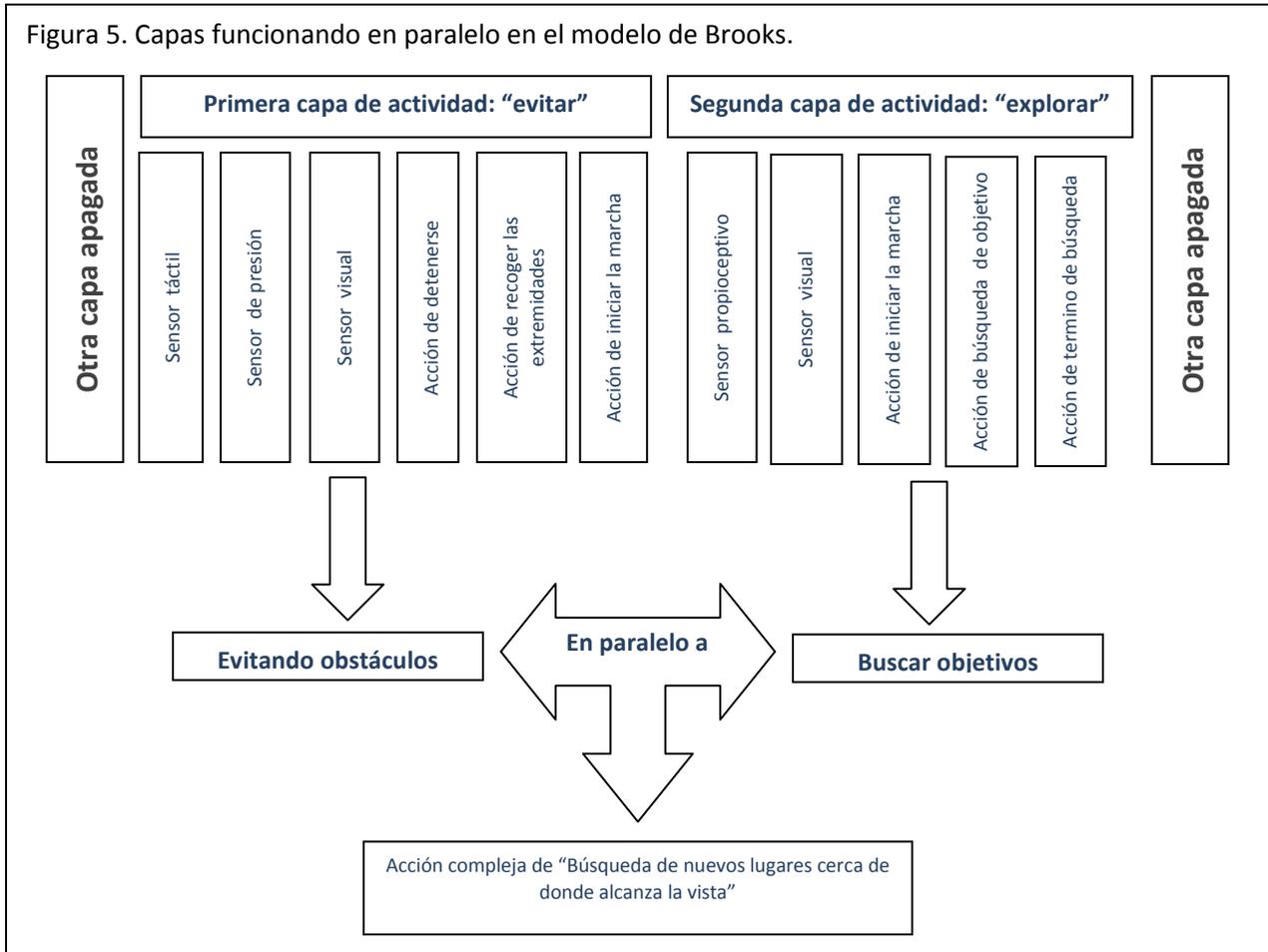


Fig. 6.

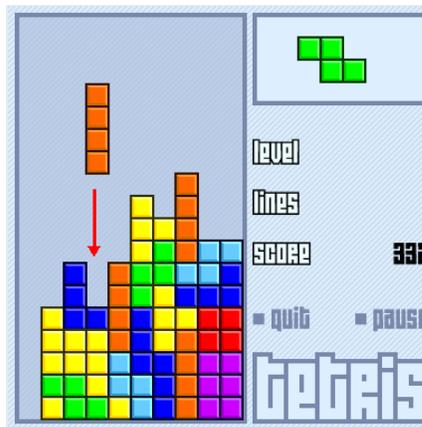


Fig. 7.

En la figura 6 se puede observar la forma geométrica (en rojo) que es necesario encajar en la parte inferior. Como la idea es encajar las figuras de forma que no quede ningún espacio en blanco, se hace claro que en la fig. 6 es necesario rotar la forma geométrica hasta llegar a lo que se observa en la fig. 7 (trasladar la hasta el espacio que indica la flecha). Para girar la figura se dispone de ciertos botones, los cuales cuando son usados para realizar una "Acción epistémica", implican una demora de tiempo de 300 milisegundos. En cambio cuando se pide que se rote mentalmente la imagen (es decir, se solucione mentalmente el problema sin recurrir a los botones) y que se usen los botones para ubicarla solo una vez que tengamos claro hacia donde girar la figura y qué botón usar para llevar a cabo la tarea con éxito, la demora es de 1000 milisegundos.



Figura 9. Ejemplo de simulación realizada por Kaneko y Furusawa.

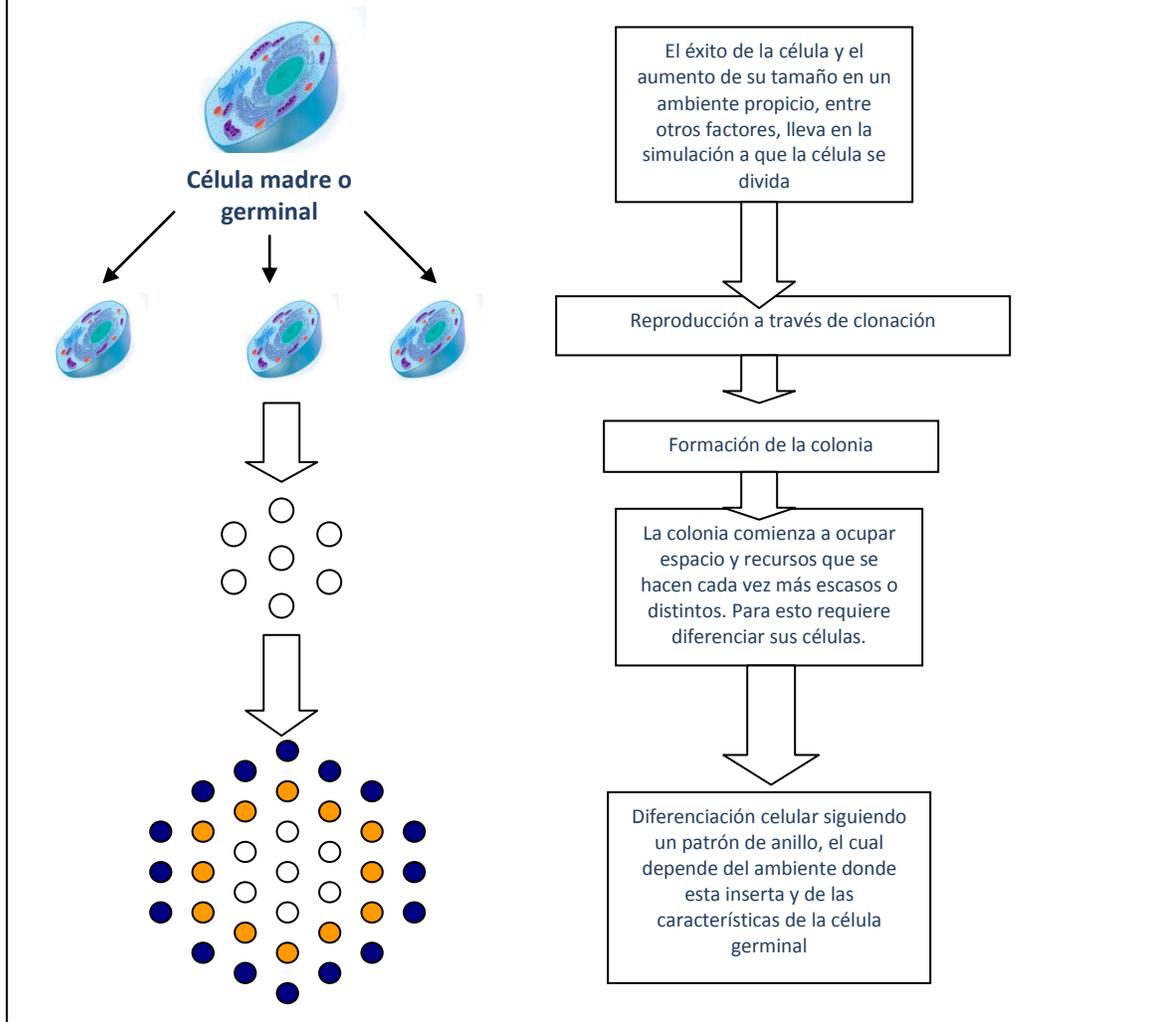


Figura 10. Relación organización – estructura.

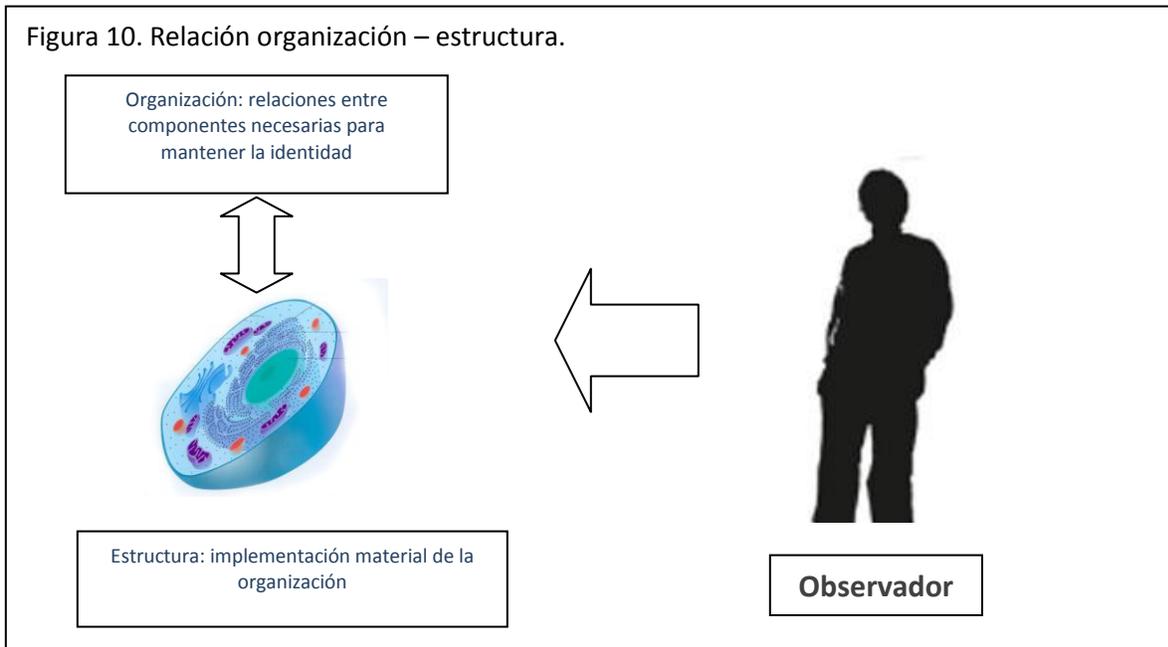


Figura 11. Autopoiésis y relaciones para su implementación.

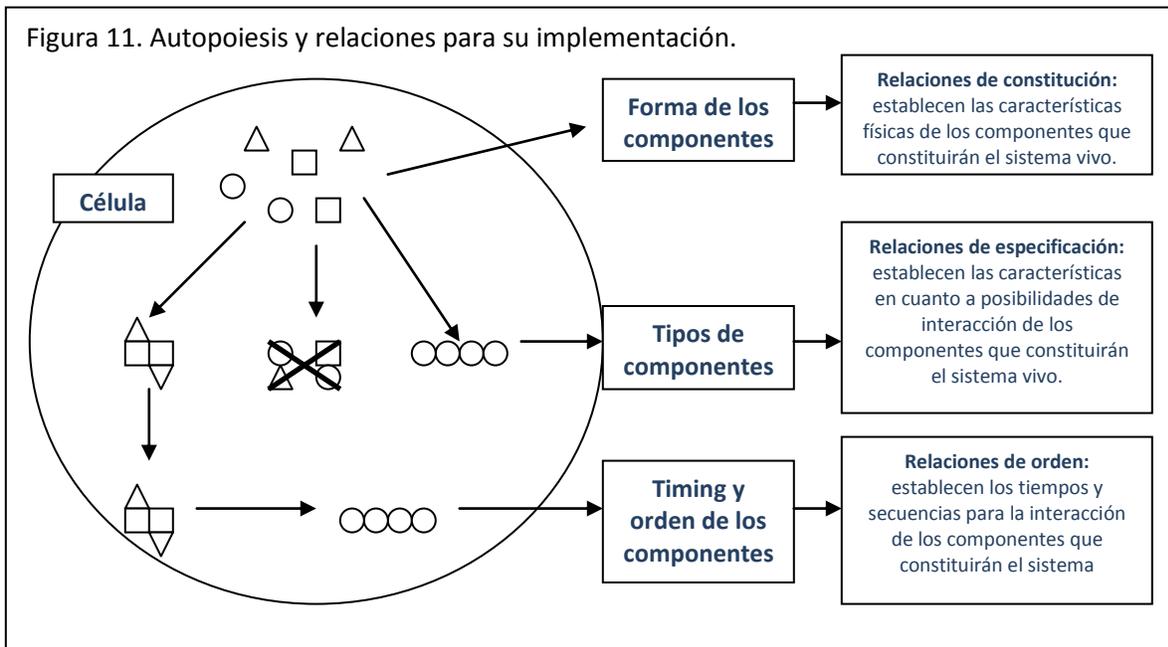


Figura 12. Acoplamiento y plasticidad estructural, dominio cognitivo

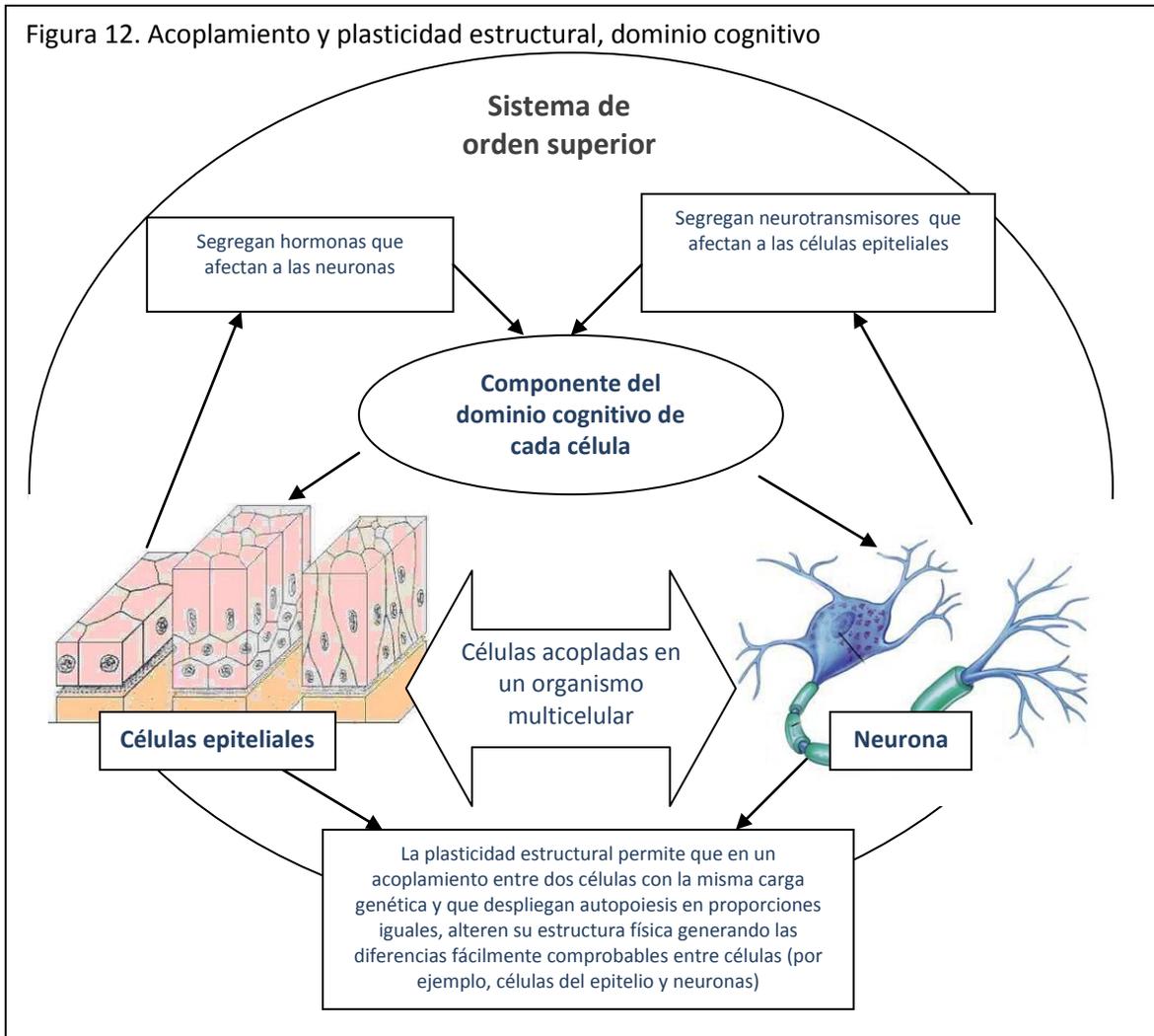


Figura 13. Dominio cognitivo y dominio comunicacional

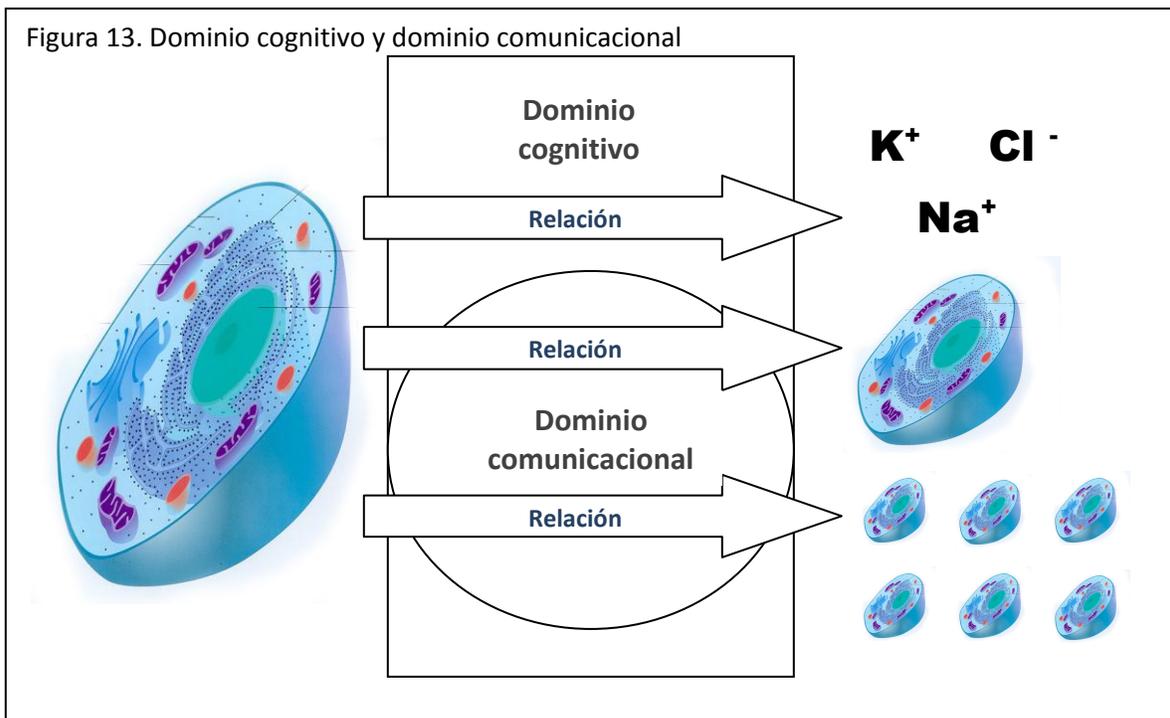


Figura 14.

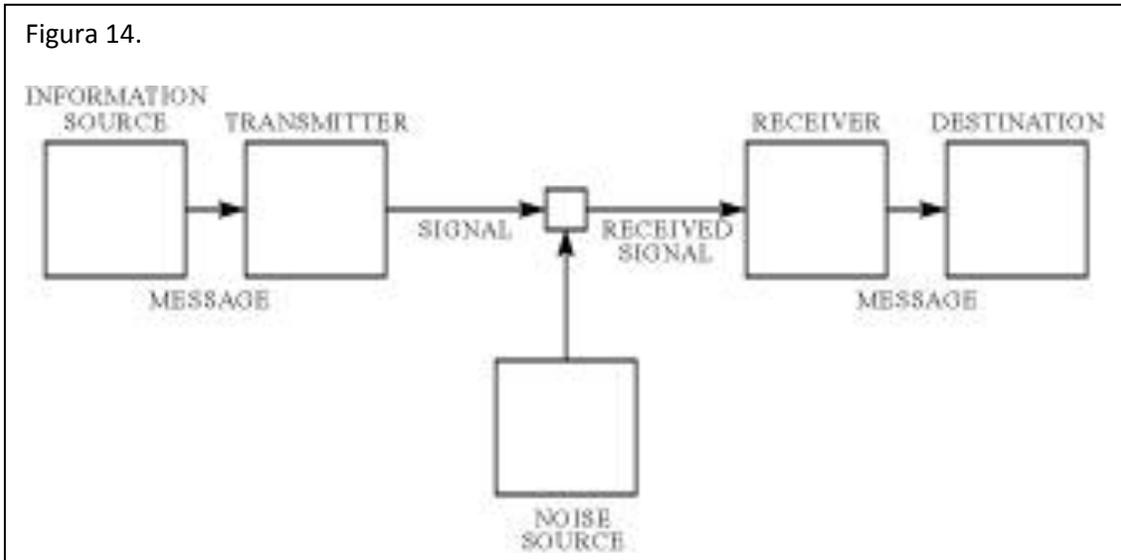


Figura 15.

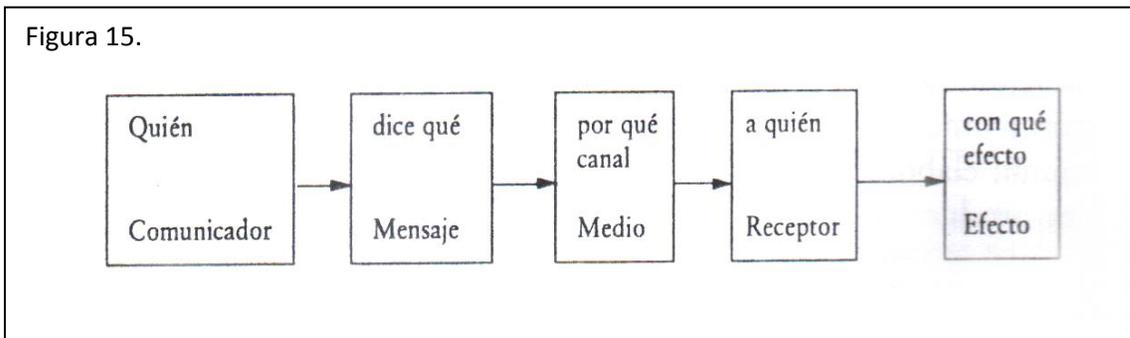


Figura 16.

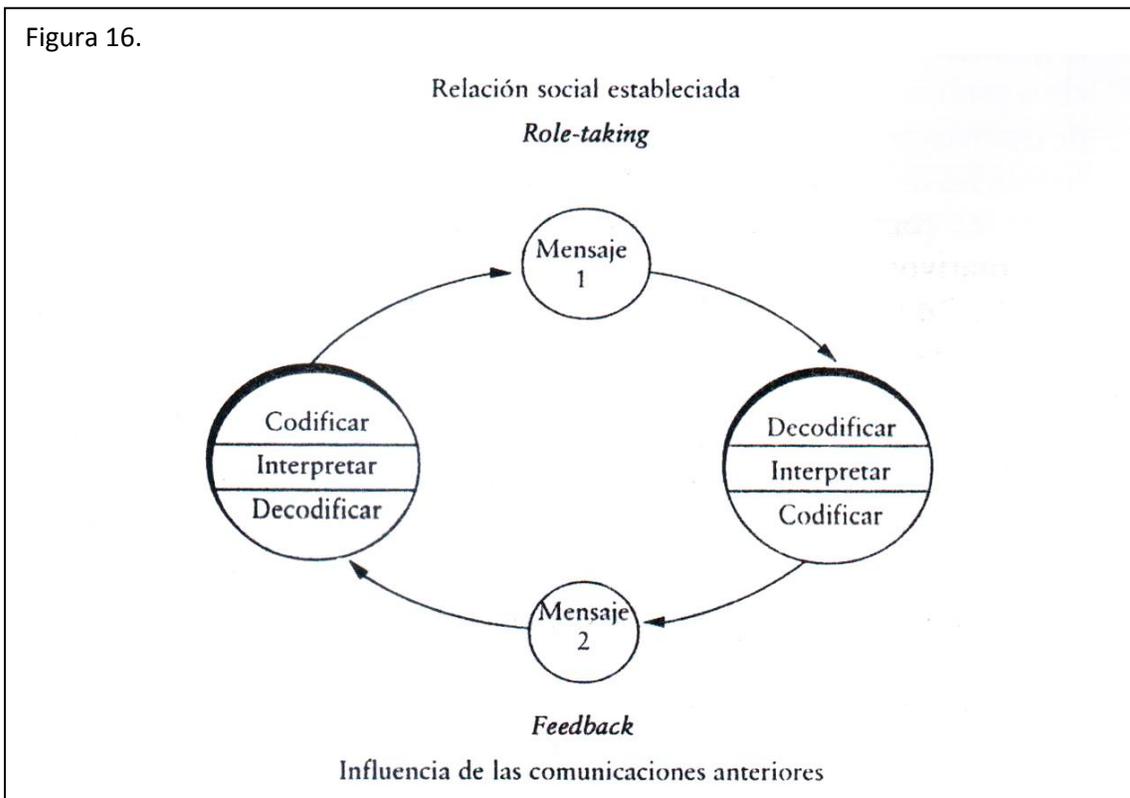


Figura 17. Dominio proto comunicacional (o comunicacional según Maturana y Varela, 1994)

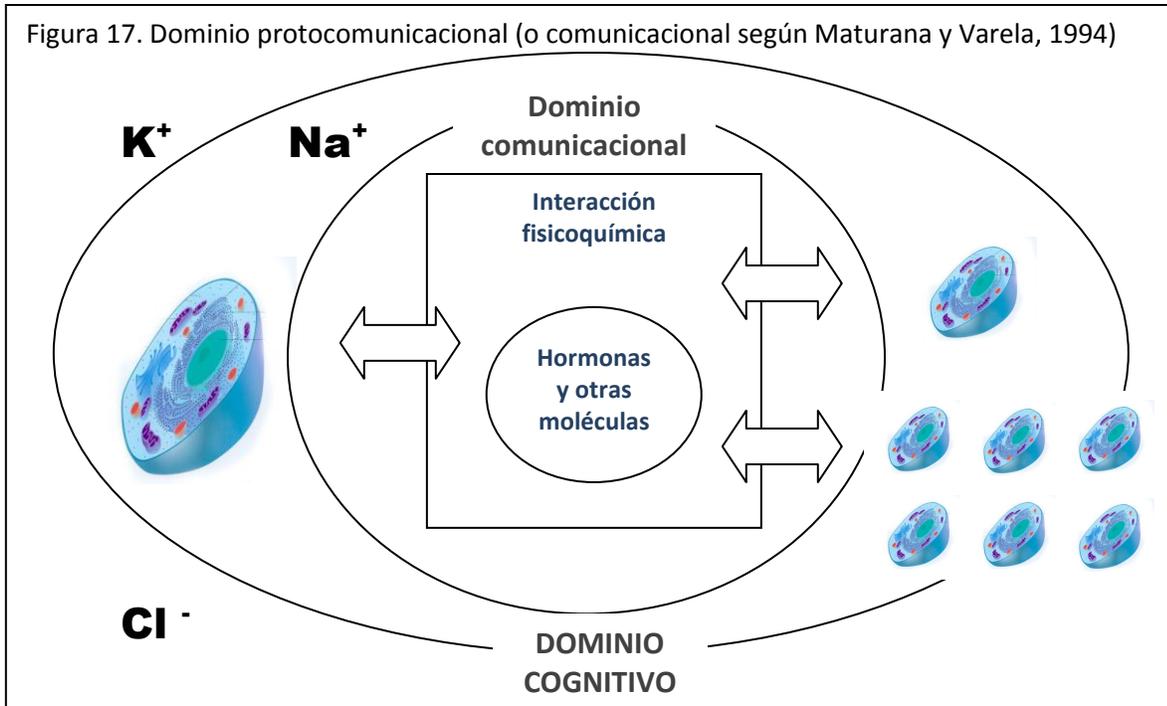


Figura 18. Sistema presocial y social. Las flechas son relaciones proto comunicativas, comunicativas conductuales o simbólicas.

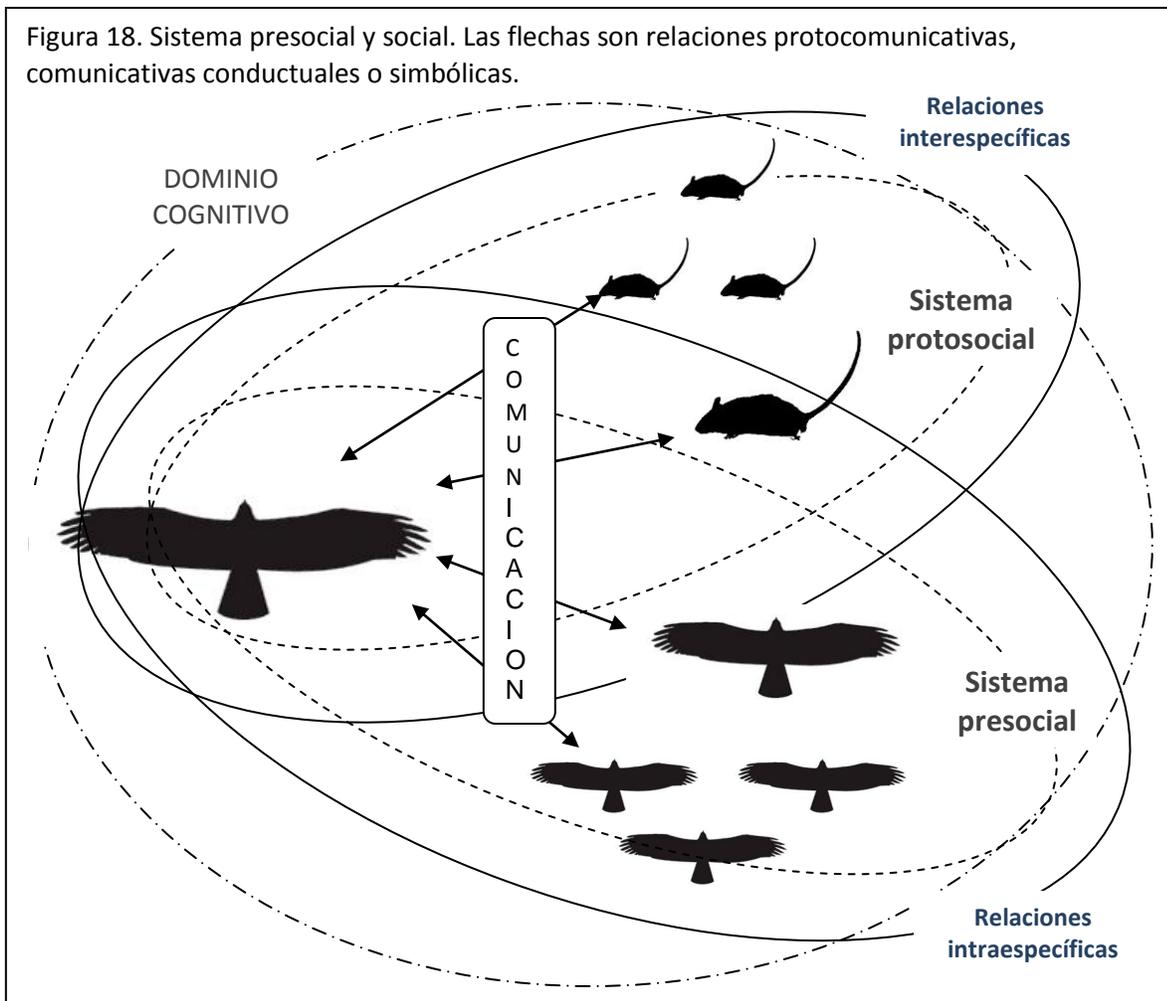


Figura 19. Relaciones comunicativas conductuales y simbólicas en sistemas sociales.

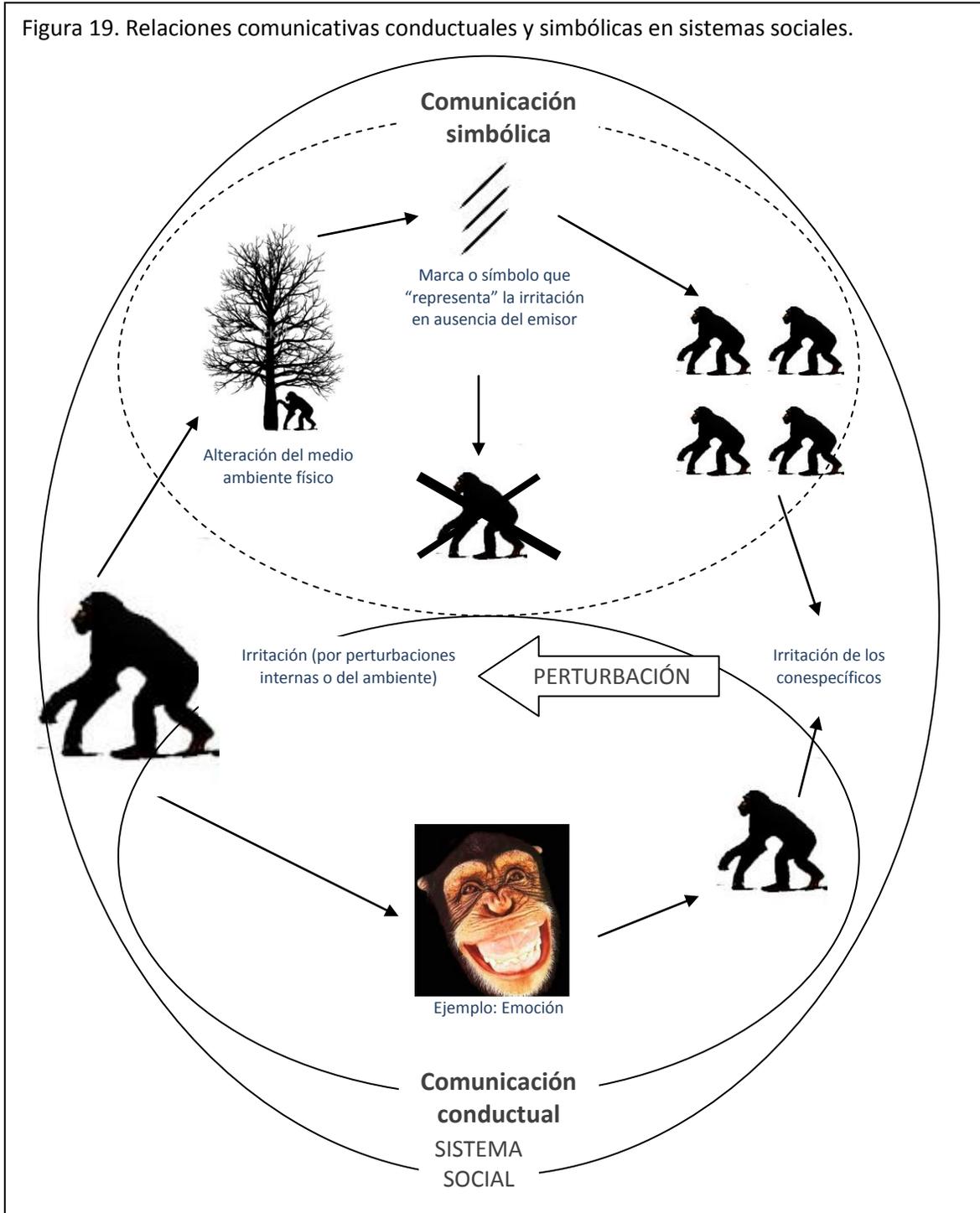


Figura 20. Sistema vivo esencial y su dominio cognitivo.

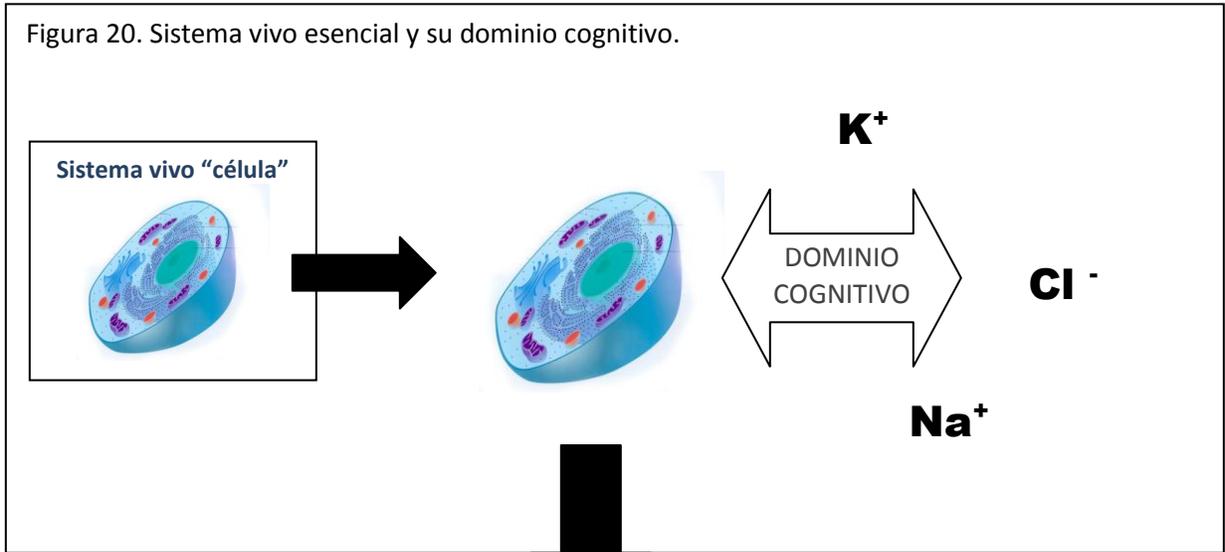


Figura 21. Sistema cognitivo "célula - otras células"

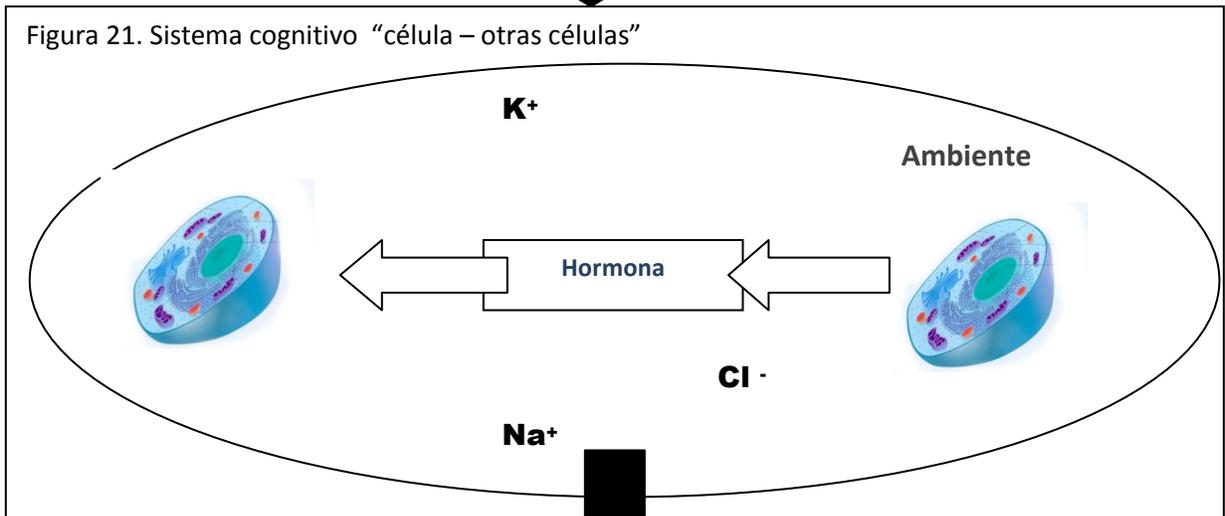
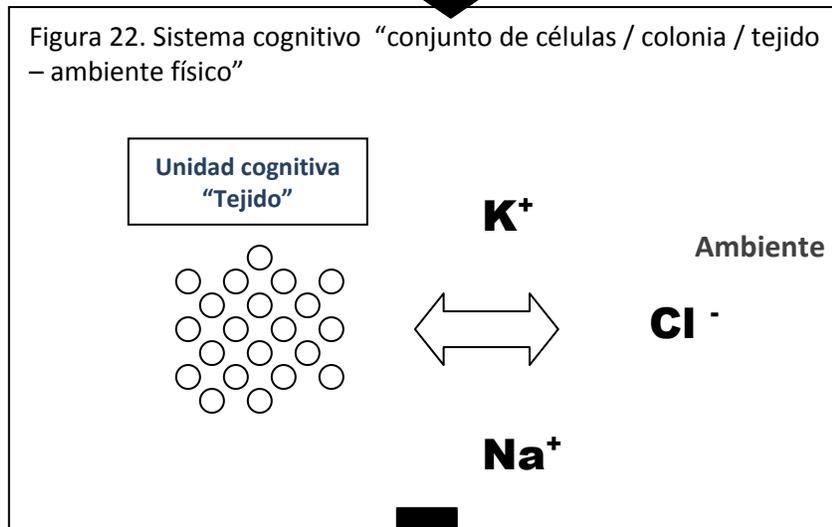


Figura 22. Sistema cognitivo "conjunto de células / colonia / tejido - ambiente físico"



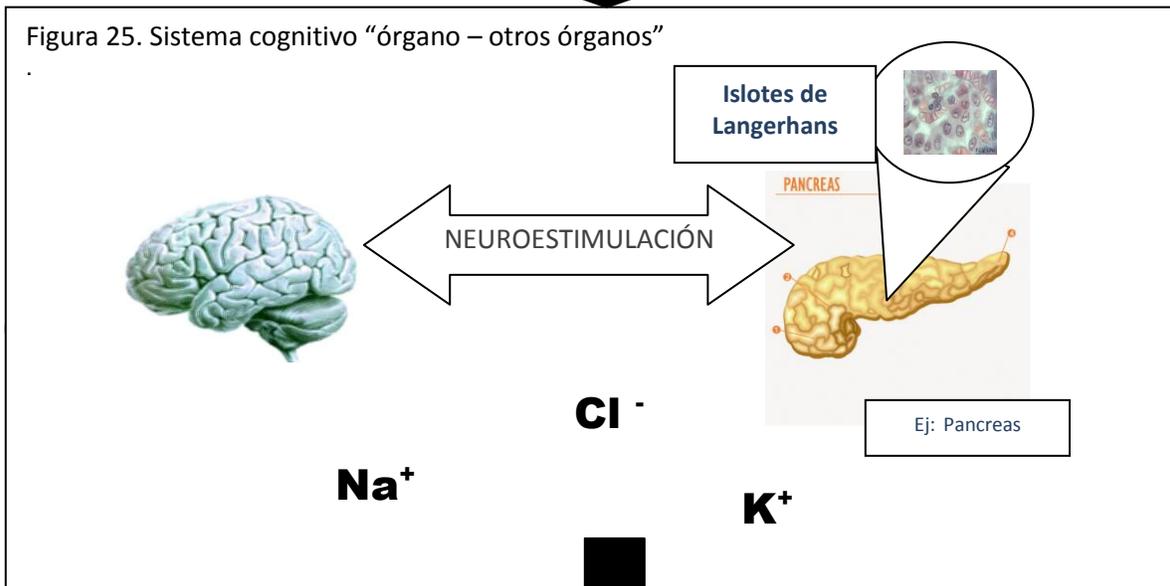
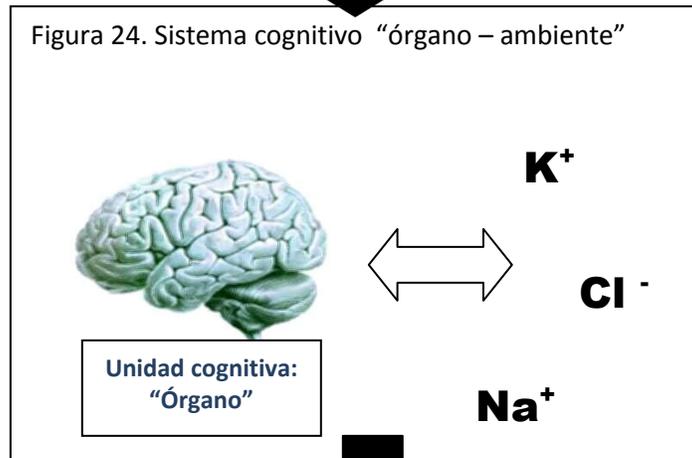
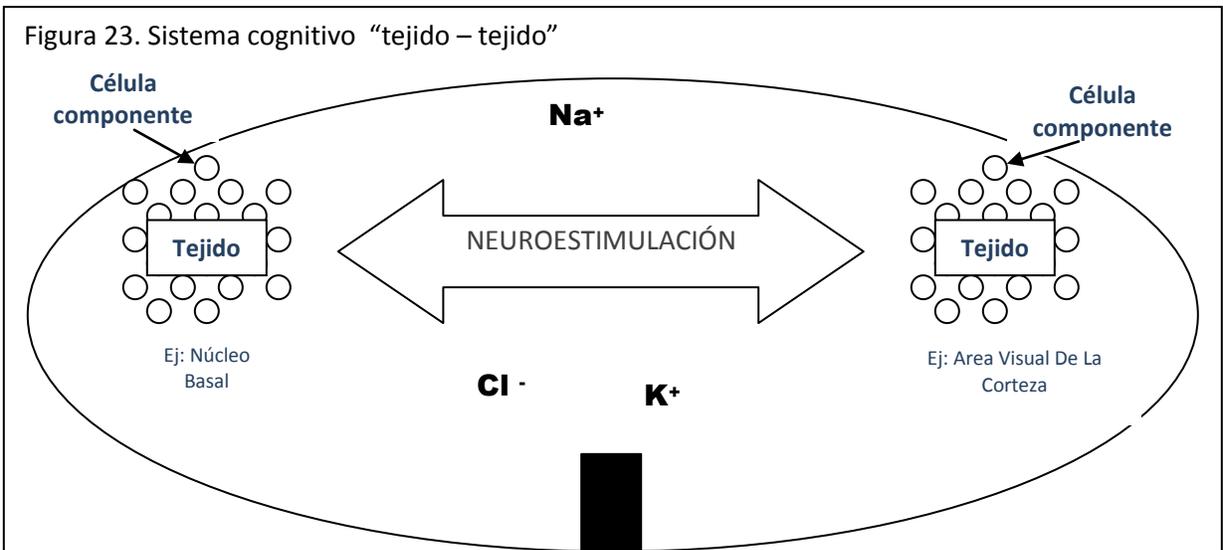


Figura 26. Sistema cognitivo "individuo – ambiente".

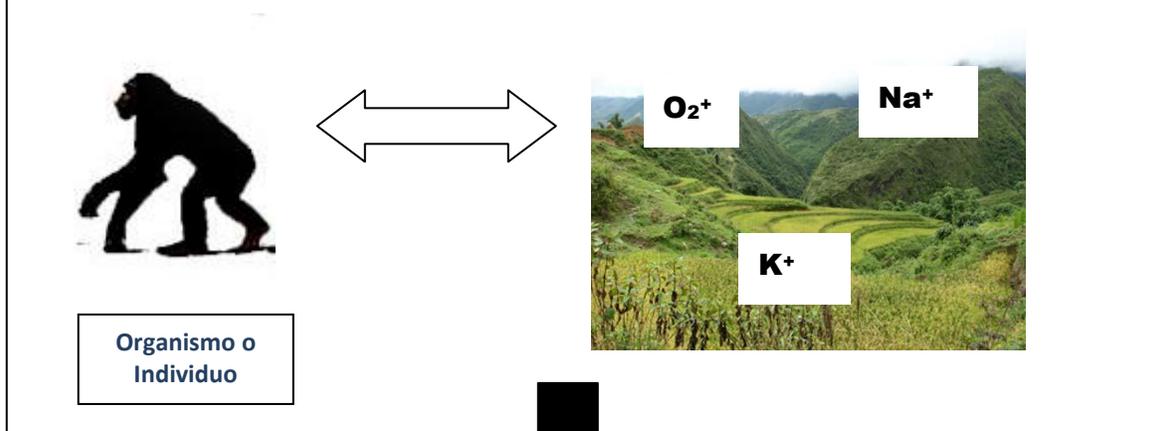
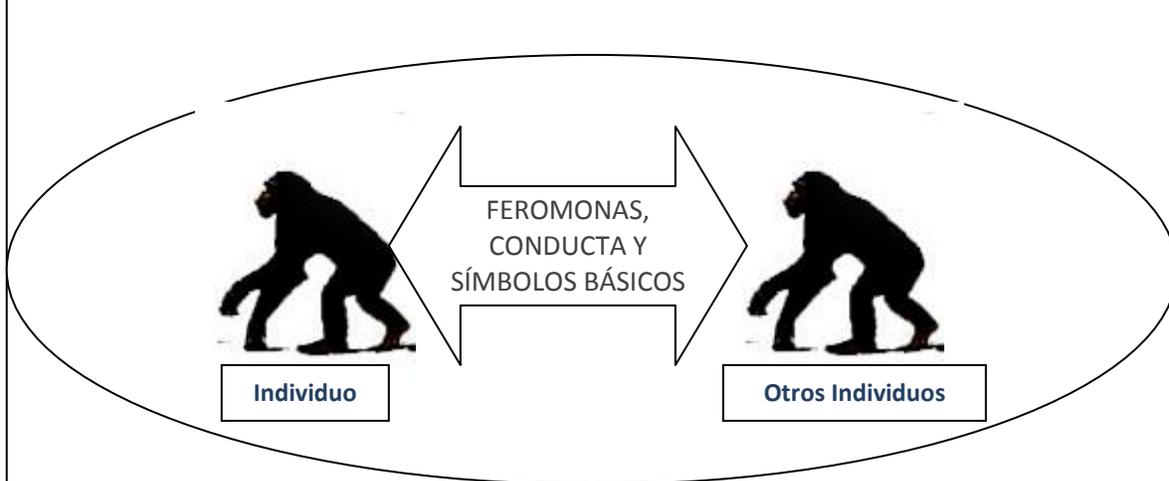


Figura 27. Sistema cognitivo "individuo – otros individuos".



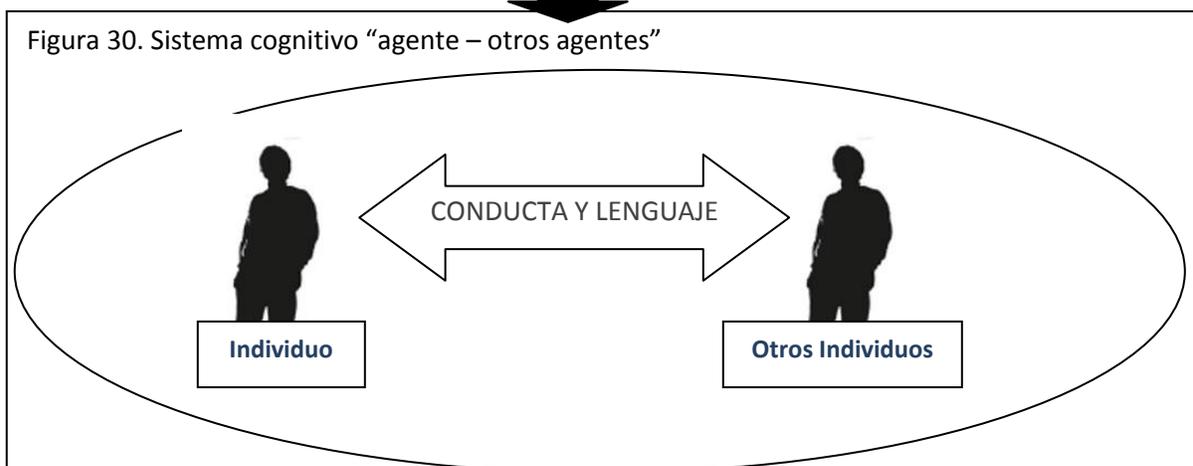
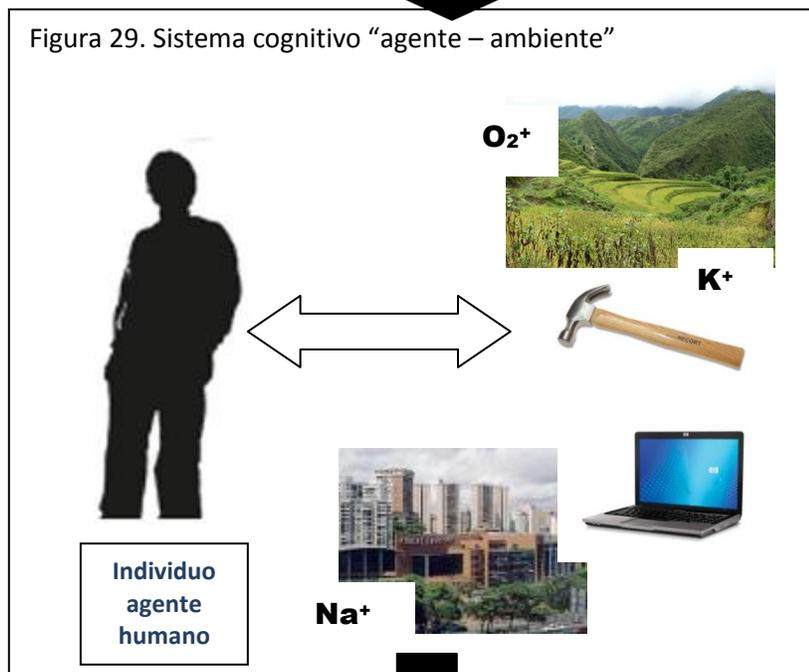
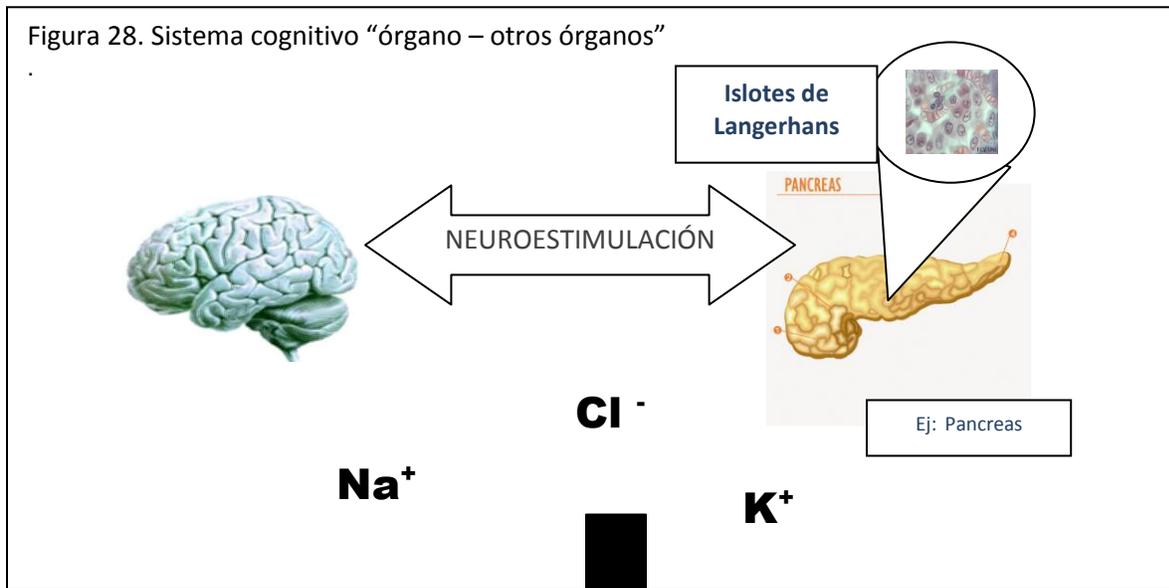


Figura 31. Escala de complejidad de los Sistemas Cognitivos.

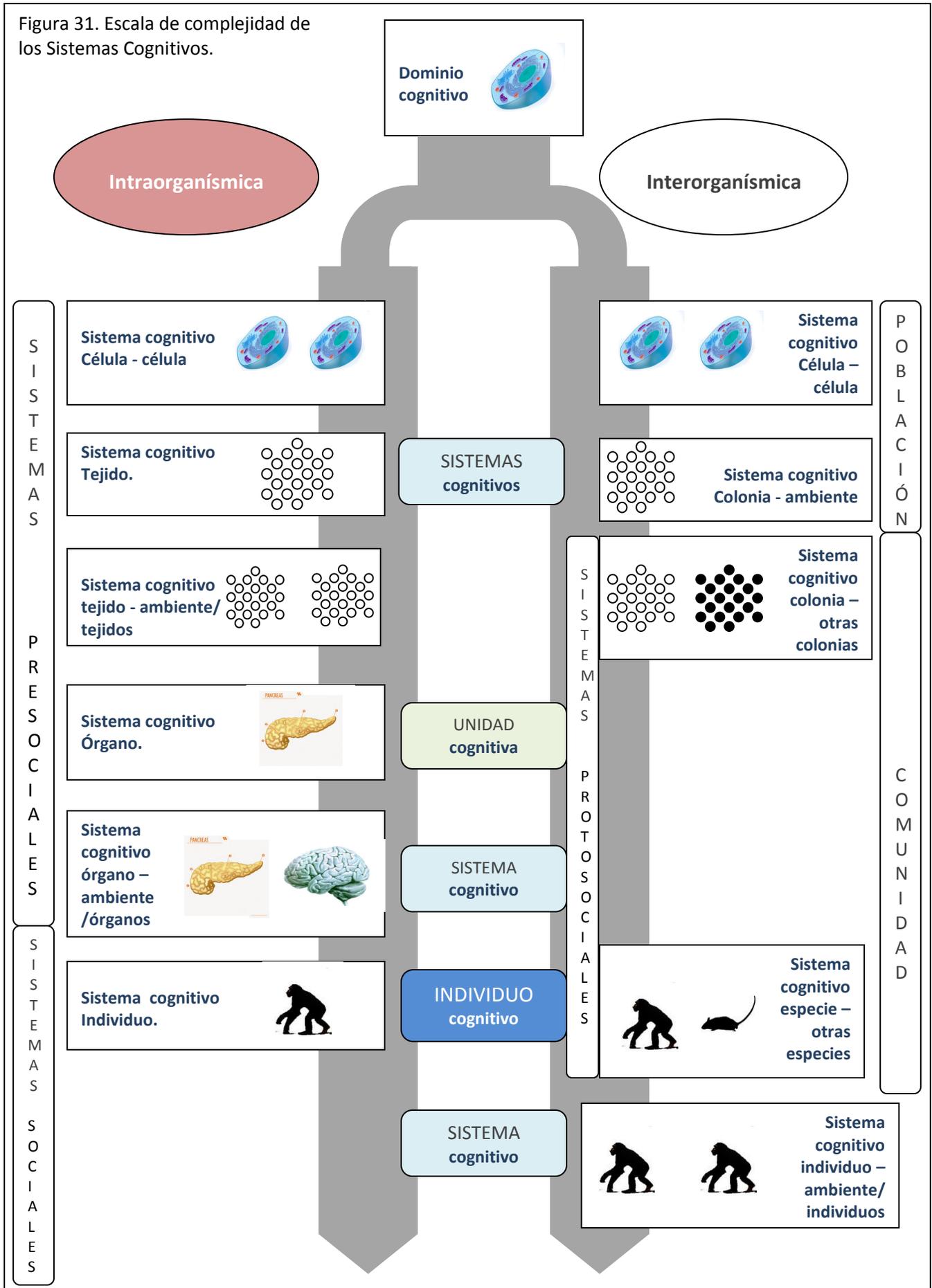
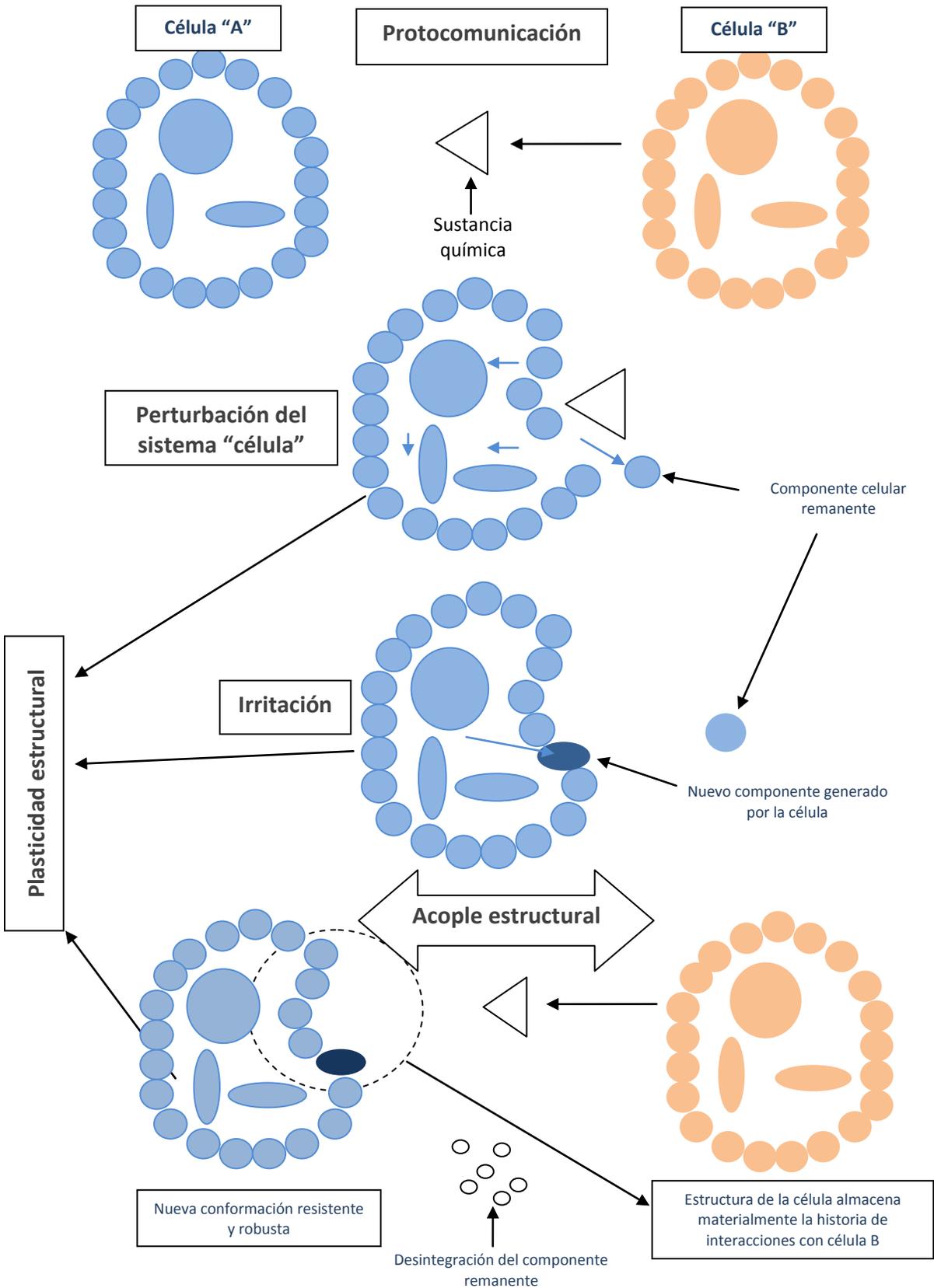


Figura 32: Corporalización: conservación de la historia de interacciones del ser vivo en su propio cuerpo gracias a las propiedades de plasticidad y acople estructural.



Bibliografía

- Abbas, A. Lichtman, A. & Pober, J. (1994) *Cellular and molecular immunology*. EEUU: W. B. Saunders Company.
- Adissu, H. Asem, E. & Lelièvre, S. (2007) Three dimensional cell culture to model epithelia In the female reproductive system. *Reproductive Sciences*, 14(8 Suppl), 11 – 19.
- Adolph, K. Eppler, M. & Gibson, E. (1993) Crawling versus walking infants' perception of affordances for locomotion over sloping surfaces. *Child Development*, 64, 1158–1174.
- Alberts, B. Bray, D. Lewis, J. Raff, M. Roberts, K. & Watson, J. (1994) *Molecular biology of the cell*. New York: Garland Publishing.
- Anderson, M. (2003) Embodied Cognition: A field guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91 – 130.
- Babiloni, C. Vecchio, F. Miriello, M. Romani, G.L. & Rossini, P. M. (2005) Visuo – Spatial consciousness and parieto-occipital areas: A high resolution EEG study. *Cerebral Cortex*, 16, 37 – 46.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.) *The Psychology of Learning and Motivation* (18, 647 – 667). Hillsdale: Erlbaum.
- Barker, R. (1978). *Ecological Psychology*. Stanford: Stanford University Press.
- Barsalou, L. (1999a) Language comprehension: archival memory or preparation for situated action? *Discourse Processes*, 28, 61 – 80.
- Barsalou, L. (1999b) Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577 – 660.
- Be'er, A. Zhang, H. P. Florin, E.-L. Payne, Sh. Ben-Jacob, E. & Swinney, H. (2009) Deadly competition between sibling bacterial colonies. *PNAS*, 106(2), 428 – 433.
- Bedau, M.A. (1999) Can unrealistic computing models illuminate theoretical biology? En Wu, A. (Ed.) *Proceedings of the 1999 genetic and evolutionary computation conference workshop program* (20 – 23). San Francisco EEUU: Morgan Kaufmann.
- Beer, R. (2000) Dynamical approaches to cognitive science. *Trends in Cognitive Science*, 4(3), 91 – 99.
- Beer, R. (2004) Autopoiesis and Cognition in the Game of Life. *Artificial Life*, 10(3), 309 – 326.
- Ben Jacob, E. Becker, I. Shapira, Y. Levine, H. (2004) Bacterial linguistic communication and social intelligence. *Trends in Microbiology*, 12(8), 366 – 372.

- Ben Jacob, E. (2003) Bacterial self organization: co enhancement of complexification and adaptability in a dynamic environment. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A.*, 361, 1283 – 1312.
- Ben Jacob, E. Cohen, I. Gutnick, D.L. (1998) Cooperative organization of bacterial colonies: from genotype to morphotype. *Annu. Rev. Microbiol.* 52, 779 – 806.
- Ben Youssef, B. Cheng, G. Zygorakis K. & Markenscoff P. (2007) Parallel Implementation of a Cellular Automaton Modeling the Growth of Three-Dimensional Tissues. *The International Journal of High Performance Computing Applications*, 21(2), 196 – 209.
- Blanchard, R. McKittrick, Ch. Blanchard, C. (2001) Animal models of social stress: effects on behavior and brain neurochemical systems. *Psychology and Behavior*, 73, 261 – 271.
- Blaser, M. J. (1997) Perspectives Series: Host/Pathogen Interactions Ecology of *Helicobacter pylori* in the Human Stomach. *The Journal of Clinical Investigation*, 100(4), 759 – 762.
- Borghi, A. (2005) Object Concepts and Action. En Pecher, D. & Zwaan, R. (Eds.) *Grounding Cognition: The Role of Perception and Action in Memory, Language, and Thinking* (8 - 34). EEUU: Cambridge University Press.
- Bosse, T. Jonker, C. Shut, M. & Treur, J. (2006) Collective representational content for shared extended mind. *Cognitive Systems Research*, 7, 151 – 174.
- Brenner, S. (1999) Theoretical biology in the third millennium. *Philosophic Translations of the Royal Society of London*, 354, 1963 – 1965.
- Briggs, R. & King, T. (1952). Transplantation of living nuclei from blastula cells into enucleated frogs' eggs. *PNAS*, 38, 455 – 463.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The Ecology of Human Development*. Cambridge: Harvard University Press.
- Brooks, R. (1997) Intelligence without representation. En Haugeland, J. (Ed.) *Mind Design II* (395 - 420). EEUU: MIT press.
- Brooks, R. A. (1986). A robust layered control system for a mobile robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 2(1),14–23.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without reason. En *Proceedings of the Twelfth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-91)*, (569 – 595), Sydney, Australia.

Brooks, R. Brezeal, C. Irie, R. Kemp, C. Majanovic, M. Scassellati, B. & Williamson, M. (1998) Alternative Essences of Intelligence. In *Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence*, 961-967. Menlo Park, California: American Association for Artificial Intelligence.

Campbell, N. Mitchel, L. & Reece, J. (2001) *Biología, Conceptos y Relaciones*. México: Prentice Hall.

Carlson, L. & Kenny, R. (2005) Constraints on Spatial Language Comprehension: Function and Geometry. En Pecher, D. and Zwaan, R. (Eds.) *The Grounding Cognition* (35 – 64) EEUU: Cambridge Press.

Chalmers, D. J. (1995) The puzzle of consciousness experience. *Scientific American*, 273, 80 – 86.

Chalmers, D.J. (1996) *Toward a theory of consciousness*. Berlin: Springer-Verlag.

Chiel, H. Beer, R. (1997) The brain has a body: adaptive behavior emerges from interactions of nervous system, body and environment. *Trends in Neuroscience*, 20, 553 – 557.

Chomsky, N. (1959) A review of B.F. Skinner's verbal behavior. *Language*, 35(1), 26 – 58.

Churchland, P. M. (1981) Eliminative materialism and the propositional attitudes. *The journal of Philosophy*, 78(2), 67 – 90.

Churchland, P. S. Ramachandran, V. S. & Sejnowski, T. (1994) A Critique of Pure Vision. En Koch, Ch. Davis, J. (Eds.) *Large-Scale Neuronal Theories of the Brain* (24 – 60). Massachusetts: The MIT Press.

Churchland, P.M. (1985) Reduction, Qualia, and the direct introspection of brain states. *The journal of Philosophy*, 82(1), 8 – 28.

Chwilla, D. Kolk, H. & Vissers, C. (2007) Immediate integration of novel meanings: N400 support for an embodied view of language comprehension. *Brain Research*, 1183, 109 – 123.

Clark, A (1997). *Being There, putting brain, body and world together again*. Cambridge: Bradford book.

Clark, A (1999a) *Estar ahí, cerebro cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva*. Barcelona: Ediciones Paidós.

Clark, A. & Chalmers, D. (1998) The extended Mind. *Analysis*, 58(1), 7 – 19.

Clark, A. (1999b) An embodied cognitive science? *Trends in Cognitive Science*, 3(9), 345 – 351.

Clark, A. (2001) *Mindware: an introduction to the philosophy of cognitive science*. New York: Oxford University Press.

Cohen, N. J., Eichenbaum, H., Deacedo, B. S., & Corkin, S. (1985). Different memory systems underlying acquisition of procedural and declarative knowledge. In Olton, D. S. Gamzu, E. & Corkin, S. (Eds.) *Memory dysfunctions: An integration of animal and human research from preclinical and clinical perspectives (Annals of the New York Academy of Sciences, 444, 54 – 71)*. New York: New York Academy of Sciences.

Cole, M. (1999) Ecological validity. En Wilson, R. Keil, F. (Eds.) *The MIT Encyclopedia of cognitive sciences (257 – 259)*. EEUU, MIT press.

Cosmelli, D. & Thompson, E. (2007) Embodiment or envatment? Reflections on the bodily basis of consciousness. En Stewart, J. Gapenne, O. & Di Paolo, E. (Eds.) *Enaction: towards a new paradigm for cognitive science*. Cambridge: MIT press.

Crespi, B. J. (2001) The evolution of social behavior in microorganisms. *Trends Ecol. Evol.* 16, 178 – 183.

Crick, F. & Koch, C. (1997). The problem of consciousness. *Scientific American*, 7, 18-26.

Crist, E. (2004) Can an Insect Speak?: The Case of the Honeybee Dance Language. *Social Studies of Science*, 34(7), 8 – 43.

Critchley, H. Wiens, S. Rotshtein, P. Ohman, A. & Dolan R. (2004) Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*, 7(2), 189 – 195.

Curtis, H. & Barnes, N. (2000) *Biología*. España: Médica panamericana.

Cutting, J. (1982) Two ecological perspectives: Gibson vs. Shaw and Turvey. *The American Journal of Psychology*, 95(2), 199 – 222.

Damasio, A. (1997) *El Error de Descartes*. Santiago de Chile: Andres Bello.

Damasio, A. (2002) How the brain creates the mind. *Scientific American*, 12(1), 4 – 9.

Damasio, A. Grabowski, T. Bechara, A. Damasio, H. Ponto, L. Parvizi, J. Hitchwa, R. (2000) Sub cortical and cortical brain activity during the feeling of self generated emotions. *Nature Neuroscience*, 3(10), 1049 – 2000.

Davidoff, L. (1989) *Introducción a la Psicología*. México: Mc graw Hill.

De Waahl, F. (1997) Cultural primatology comes of age. *Nature*, 399, 635 – 636.

Demicheli, G. (1995) *Pragmática de la comunicación humana: Comunicación en Terapia Familiar Sistémica*. Chile: Universidad de Valparaíso.

Descartes, R. (1950) *Méditations*. Paris: Larousse.

Douarin, N. & Dupin, E. (1993). Cell lineage analysis in neural crest ontogeny. *J. Neurobiol.* 24, 146 – 161.

Ebensperger, L. & Bozinovic F. (2000) Communal burrowing in the hystricognath rodent, octodon degus: a benefit of sociality? *Behavioral Ecological Sociobiology*, 47, 365–369.

Edelman, G. (2003) Naturalizing Consciousness: A Theoretical Framework. *PNAS*, 100(9), 5520 – 5524.

Eliasmith, Ch. (1998) The third contender: a critical examination of the dynamicist theory of cognition. En Thagard, P (Ed.). *Mind Readings* (303 - 333). EEUU: MIT press.

Etxeberria, A. (2004) Autopoiesis and Natural Drift: Genetic Information, Reproduction, and Evolution Revisited. *Artificial Life*, 10(3), 347 – 360.

Farah, M. J. (1995). The neural bases of mental imagery. In Gazzaniga, M. S. (Ed.), *The cognitive neurosciences* (963 – 975) Cambridge: MIT Press.

Fenchel, T. (1982) Ecology of Heterotrophic Microflagellates IV. Quantitative Occurrence and Importance as Bacterial Consumers. *Marine Ecology - Progress Series*, 9, 35-42.

Flombaum, J. Junge, J. & Hauser, M. (2005) Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) spontaneously compute addition operations over large numbers. *Cognition*, 97(3), 315 – 325.

Flores-Prado, L. Aguilera-Olivares, D. & Niemeyer, H. (2008) Nest-mate recognition in *Manuelia postica* (Apidae: Xylocopinae): a eusocial trait is present in a solitary bee. *Proc. R. Soc. B.*, 275, 285 –291.

Fodor, J. (1983) *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. EEUU: Bradford books/MIT press.

Fodor, J. A. (1980) Methodological solipsism considered as a research strategy in cognitive psychology. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 63 - 109.

Franks, K. Isaacson, J. (2006) Synapse – specific down regulation of NMDA receptors by early experience: A critical period for plasticity of sensory input of olfactory cortex. *Neuron*, 47, 1001 – 114.

Freeman, W. (2007) Dinámicas no lineales e intencionalidad: el rol de las teorías cerebrales en ciencias de la mente. En Ibañez, A. Cosmelli, D. (Eds.) *Nuevos enfoques de la cognición* (27 – 52). Santiago de Chile: Universidad Diego Portales.

Freeman, W. Nuñez, R. (1999) Restoring to cognition the forgotten primacy of action, intention and emotion. *Journal of Consciousness Studies*, 6(11 - 12), ix – xix.

Fries, P. (2005) A mechanism for cognitive dynamics: Neuronal communication through neural coherence. *Trends in Cognitive Science*, 9(10), 476 – 480.

Furusawa Ch, & Kaneko, K. (1998) Emergence of rules in cell society: differentiation, hierarchy, and stability. *Bulletin of Mathematical Biology*, 60, 659–687.

Furusawa, Ch. & Kaneko, K. (2002) Origin of multicellular Organisms as an Inevitable Consequence of Dynamical Systems. *The Anatomical Record*, 268, 327 – 342.

Gaver, W. (1993). How do we hear in the world? Explorations in ecological acoustics. *Ecological Psychology*, 5, 285 – 313.

Gazzaniga, M. Ivry, R. & Mangun, G. (1998) *Cognitive Neuroscience: The biology of mind*. New York: Norton & Company.

Geneser, F. (1999) *Histología*. España: Panamericana.

Gibbs, R. W. (2005) Embodiment in Metaphorical Imagination. En Pecher, D. Zwaan, R. (Eds.) *Grounding Cognition: The Role of Perception and Action in Memory, Language, and Thinking* (65 – 92). EEUU: Cambridge University Press.

Gibson, E. J. Riccio, G. Schmuckler, M. A. Stoffregen, T. A. Rosenberg, D. & Taormina, J. (1987). Detection of the traversability of surfaces by crawling and walking infants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 533–544.

Gibson, J. J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston: Houghton Mifflin.

Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.

Gibson, K. (2002) Customs and cultures in animals and humans: Neurobiological and evolutionary considerations. *Anthropological Theory*, 2(3), 323–339.

Giere, R. & Moffatt, B. (2003) Distributed cognition: where the cognitive and the social merge. *Social Studies of Science*, 33(2), 301 – 310.

Giere, R. (2002) Discussion note: distributed cognition in epistemic cultures. *Philosophy of Science*, 69, 1 – 8.

Giere, R. (2004). The problem of agency in scientific distributed cognitive systems. *Journal of Cognition and Culture*, 4, 759 – 774.

Glenberg, A. (1997) What memory is for. *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 1 – 55.

Glenberg, A. Havas, D. Becker, R. & Rinck, M. (2005) Grounding language in bodily states, a case for emotion. En Pecher, D. Zwaan, R. (Eds.) *Grounding Cognition: The Role of Perception and Action in Memory, Language, and Thinking* (115 – 128). EEUU: Cambridge University Press.

- Gomez-Angelats, M. & Cidowski, J. A. (2002) Invited Review Cell Volume Control and Signal Transduction in Apoptosis. *Toxicologic Pathology*, 30(5), 541 – 551.
- Goodale, M. A. & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15, 20 – 25.
- Granott, N. (2005) Scaffolding dynamically toward change: Previous and new perspectives. *New Ideas in Psychology*, 23, 140 – 151.
- Greeno, J. (1994) Gibson's Affordances. *Psychological Review*, 101(2), 336 – 342.
- Haugeland, J. (1997) What is mind design? En Haugeland, J. (Ed.) *Mind Design II* (1 – 28). EEUU, MIT press.
- Hauser, M. Chomsky, N. & Fitch, T. (2002) The faculty of language: What is it, Who has it, and how it evolve. *Science*, 298, 1569 – 1579.
- Hauser, M. Macneilage, P. & Ware, M. (1996) Numerical representations in primates. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93, 1514-1517.
- Hebb, D. O. (1949) *The organization of behavior*. Montreal: Wiley.
- Hollan, J. Hutchins, E. & Kirsh, D. (2000) Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research. *Transactions on Computer-Human Interaction*, 7(2), 174 – 196.
- Hopper, P. (1987). Emergent grammar. *Berkeley Linguistics Society*, 13, 139-157.
- Hutchins, E. (1995a) *Cognition in the wild*. EEUU: MIT press.
- Hutchins, E. (1995b) How a cockpit remembers its speed. *Cognitive science*, 19, 265 – 288.
- Kandel, E. Schwartz, J. & Jessell, T. (1991) *Principles of neural science*. EEUU: Appleton & Lange.
- Kaneko, K. & Furusawa, Ch. (2000) Robust and irreversible development in cell society as a general consequence of intra – inter dynamics. *Physica A*, 280, 22 – 33.
- Kaneko, K. & Furusawa, Ch. (2001) Theory of robustness of Irreversible Differentiation in a Stem Cell System: Chaos Hypothesis. *Journal of Theoretical Biology*, 209, 1 – 21.
- Kaneko, K. (1992) Homeochaos: dynamic stability of a symbiotic network with population dynamics and evolving mutation rates. *Physica D*, 56, 406 – 429.
- Kaneko, K. Sato, K. Michiue, T. Okabayashi, K. Ohnuma, K. Danno, H. & Asashima, M. (2008) Developmental Potential for Morphogenesis In Vivo And In Vitro. *Journal Of Experimental Zoology*, 310b, 492 – 503.

- Kaplan, J. Manuck, S. & Shively, C. (1991) The Effects of Fat and Cholesterol on Social Behavior in Monkeys. *Psychosomatic Medicine*, 53, 634 – 642.
- Kappeler, P. & Van Sheik, C. (2002) Evolution of primate social systems. *International Journal of Primatology*, 23(4), 707 – 740.
- Kaschak, M. P. & Glenberg, A. M. (2000). Constructing meaning: The role of affordances and grammatical constructions in sentence comprehension. *Journal of Memory and Language*, 43, 508 – 529.
- Kelso, J.A. (1995) *Dynamic Patterns*. EEUU: MIT Press.
- Kelso, J.A. (2003) Cognitive coordination dynamics. En Tschacher, W. Dauwalder, J.P. (Eds.) *The dynamical systems approaches to cognition* (45 – 67). Singapore: World Scientific.
- Kirsh, D. & Maglio, P. (1994) On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science*, 18, 513–549.
- Knorr-Cetina, K. (1999) *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kortmann, R. (2001) Embodied Cognitive Science. En de Back, W. Van der Zant, T. & Zwanepol, L. (Eds.) *Proceedings Of Robo Sapiens – The First Dutch Symposium On Embodied Intelligence*, Artificial intelligence preprint series. 24, The Netherlands: Universiteit Utrecht.
- Kosslyn, S. M., Pascual-Leone, A., Felician, O., & Camposano, S. (1999). The role of area 17 in visual imagery: Convergent evidence from PET and rTMS. *Science*, 284, 167 – 170.
- Krebs, J. & Dawkins, R. (1984). Animal signals: mind reading and manipulation. En Krebs, J. Davies, N. B. (Eds.) *Behavioral Ecology: An Evolutionary Approach* (380 – 402). Oxford: Blackwell.
- Kuhn, T.S. (1996) *La estructura de las revoluciones científicas*. Santiago de Chile: Fondo de cultura económica.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999) *Philosophy in the Flesh: The embodied mind and its challenge to the western Thought*. New York: Basic Books.
- Lakoff, G. & Núñez, R. (2000) *Where mathematics comes from*. EEUU: Basic Books.
- Lakoff, G. (1993) The contemporary theory of metaphor. En Ortony, A. (Ed.) *Metaphor and Thought* (202 – 250). EEUU: Cambridge University Press.
- Laswell, H.D. (1948) The structure and function of communication in society. En Bryson. L (Ed.), *The communication of Ideas*, (37 – 51), New York: Harper.

Latour, B. & Woolgar S. (1986) *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.

Latour, B. (1996) Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands. *Knowledge and Society*, 6, 1 – 40.

Lesson, Th. Lesson, C. & Paparo, A. (1990) *Texto atlas de Histología*. México D.F: Mc Graw Hill.

Lodish, H. Berk, A. Zipursky, S.L. Matsudaira, P. Baltimore & D. Darnell, J. (2000) *Molecular cell biology*. EEUU: Freeman.

Logothetis, N. (1999) Vision: a window to consciousness. *Scientific American*, 281, 69 – 75.

Lucas, A. García, C. Ruiz, J. A. (1999) *Sociología de la comunicación*. Valladolid: Trotta.

Luhmann, N. (2002) *Theories of distinction*. EEUU: Standford.

Lundkvist, I. Coutinhos, A. Varela, F. & Holmberg, D. (1989) Evidence for a functional idiotypic network among natural antibodies in normal mice. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 86, 5074 – 5078.

Lutz, A. & Thompson E. (2003) Neurophenomenology: Integrating Subjective Experience and Brain Dynamics in the Neuroscience of Consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 10, (9-10), 31 – 52.

Lutz, A. Lachaux, J.P. Martinerie, J. & Varela, F. (2002) Guiding The Study Of Brain Dynamics By Using First Person Data: Synchrony Patterns Correlate With Ongoing Conscious States During Simple Visual Task. *PNAS*, 99(3), 1286 – 1591.

Madigan, M. Martinko, J. & Parker, J. (2004) *Brock, Biología de los microorganismos*. España: Pearson/Prentice Hall.

Magnus, P. (2007) Distributed cognition and the task of science. *Social Studies of Science*, 37(2), 297 – 310.

Malkesman, O. Maayan, R. Weizman, A. & Weller, A. (2006) Aggressive behavior and HPA axis hormones after social isolation in adult rats of two different genetic animal models for depression. *Behavioral Brain Research*, 175, 408 – 414.

Matsumura, S. (1999) The evolution of “egalitarian” and “despotic” social systems among macaques. *Primates*, 40(1), 23 – 31.

Maturana, H. & Mpodozis, J. (2000) The origin of species by means of natural drift. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73, 261 – 310.

- Maturana, H. & Varela, F. (1980) *Autopoiesis and cognition: The realization of the living*. EEUU: D. Reidel Publishing Company.
- Maturana, H. & Varela, F. (1994). *De máquinas y seres vivos: Autopoiesis, la organización de lo vivo*. Santiago de Chile: Universitaria.
- Maturana, H. & Varela, F. (2003) *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del conocimiento humano*. Buenos Aires: Lumen.
- McClelland, J.L, Rumelhart, D.E. & Hinton G.E. (1986). The appeal of parallel distributed processing. En McClelland, J.L. & Rumelhart, D.E. (Eds.) *Parallel Distributed Processing*, (3 – 44). Cambridge: MIT Press.
- McCulloch, W. & Pitts, W. (1943) A logical calculus of ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115 – 133.
- McMullin, B. & Gross, D. (2001) Towards the Implementation of Evolving Autopoietic Artificial Agents. *European Conference on Advances in Artificial Life*, 440 – 443.
- McMullin, B. & Varela, F. (1997) Rediscovering Computational Autopoiesis. En Husbands, P. & Harvey, I. (Eds.) *Fourth European Conference on Artificial Life* (38 – 47), Cambridge, MIT Press.
- Neisser, U. (1999) Ecological psychology. En Wilson, R. Keil, F. (Eds.) *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences* (255 – 257). EEUU: MIT press.
- Newell, A. (1980) Physical symbol systems. *Cognitive Science*, 4, 135 – 183.
- Newell, A. & Simon, H. (1997) Computer science as empirical Inquiry: Symbols and search. En Haugeland, J. (Ed.) *Mind Design II* (81 – 110) EEUU: MIT press.
- Nomura, T. (1997) An Attempt for Description of Quasi-Autopoietic Systems Using Metabolism-Repair Systems Evolutionary Systems Department. En Husbands, P. Harvey, I. (Eds.) *Fourth European Conference on Artificial Life*, (pages), EEUU: MIT Press.
- Nomura, T. (2003). Formal description of autopoiesis for analytic models of life and social systems. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Artificial Life* (15–18), Cambridge, MA: MIT Press.
- Northoff, G. & Heinzl, A. (2006) First-Person Neuroscience: A new methodological approach for linking mental and neuronal states. *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine*, 1, 3 – 13.
- Papayannopoulou, T. & Scadden, D. (2008) Stem-cell ecology and stem cells in motion. *Blood Journal*, 111, 3923 – 3930.

- Perry, S. (2006) What cultural primatology can tell anthropologists about the evolution of culture. *Annual Review of Anthropology*, 35, 171 – 190.
- Petit, O. Bertrand, F. & Thierry, B. (2008). Social play in crested and Japanese macaques: Testing the covariation hypothesis. *Developmental Psychobiology*, 50, 399 – 407.
- Port, R. (2000) Dynamical systems hypothesis in Cognitive Science. En *Encyclopedia of Cognitive Science*, London: Amy Lockyer Assoc.
- Posner, M. & Raichle, M. (1999) *Images of mind*. New York: Scientific American Library.
- Prinz, J. (2005) Passionate Thoughts: The Emotional Embodiment of Moral Concepts. En Pecher, D. and Zwaan, R. (Eds.) *The grounding cognition* (93 – 114). EEUU: Cambridge Press.
- Pronovost, S. (2006) Of computations and dynamic systems – an overview of the dynamicist controversy in cognitive science. Carleton University Cognitive Science Technical Report, <http://www.carleton.ca/iss/TechReports>.
- Pulvermüller, F. (1999) Words in the brain's language. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(2), 253-279
- Redondo, T. (1994) Comunicación: Teoría y evolución de señales. En Carranza, J. (Ed.) *Etología: Introducción a las ciencias del comportamiento* (255 – 297). Madrid: Universidad de Extremadura.
- Rendell, L. & Whitehead, H. (2001) Culture in whales and dolphins. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 309 – 382.
- Renninger, K.A. & Granott, N. (2005) The process of scaffolding in learning and development. *New Ideas in Psychology*, 23, 111 – 114.
- Riegler, A. (2002) When is a cognitive system embodied? *Cognitive Systems Research*, 3, 339 – 348.
- Rovaletti, M. (1989) Teoría general de sistemas. *Signo y Pensamiento*, 15, 45 – 56.
- Rumelhart, D. (1998) The architecture of mind: a connectionist approach. En Thagard, P (Ed.). *Mind Readings* (207 – 238). EEUU: MIT press.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing I: Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1 – 66.
- Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical journal*, 27, 379 – 423, 623 – 656.

Shannon, C. E. (1998a) Communication in the Presence of Noise. *Proceedings Of The IEEE*, 86(2), 447–457.

Shannon, C. E. (1998b) Communication Theory of Secrecy Systems. Md Computing: extraído de www.beejack.com.

Shapiro, J. A. (1998) Thinking about bacterial Populations as Multicellular organisms. *Annu. Rev. Microbiol.* 52, 81–104.

Shapiro, J.A. (2007) Bacteria are small but not stupid: cognition, natural genetic engineering and socio-bacteriology. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 38, 807–819.

Shaw, R. & Turvey, M.T. (1999) Ecological foundations of cognition. II: Degrees of freedom and conserved quantities in animal – environment systems. En Nuñez, R. y Freeman, J. (Eds.) (1999) *Reclaiming cognition: The primacy of action intention and emotion* (111 – 123). Exeter: Imprint Academic.

Shenhav B, Solomon A, Lancet D, & Kafri R. (2005) Early systems biology and prebiotic networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 3380, 14 – 27.

Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.

Smith, R.L., & Smith, T. (2003) *Elements of ecology*. San Francisco, EEUU: Benjamín Cummins.

Solomon, E. Berg, L. & Martin, D. (2001) *Biología*. Mexico: Mc Graw Hill.

Spoor, J. & Kelly, J. R. (2004) The Evolutionary Significance of Affect in Groups: Communication and Group Bonding. *Group Processes Intergroup Relations*, 7(4), 398 – 412.

Stich, S. (1999) Eliminative materialism. En Wilson, R. Keil, F. (Eds.) *The MIT Encyclopedia of cognitive sciences* (265 – 267), EEUU: MIT press.

Sulkowski, G. & Hauser, M. (2001) Can rhesus monkeys spontaneously subtract? *Cognition*, 79, 239 – 262.

Thelen, E. Shöner, G. Sheier, Ch. & Smith, L. (2001) The dynamics of embodiment: A field theory of infant pereverative reaching. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 1 – 86.

Till, J.E. Mcculloch, E.A. & Siminovitch, L. (1964). A stochastic model of stem cell proliferation, based on the growth of spleen colony-forming cells. *Proc. Natl. Acad. Sci*, 51, 29 – 36.

- Tomasello, M. (1999) *The cultural origins of human cognition*. Londres: Harvard university press.
- Triantafyllou, M., & Triantafyllou, G. (1995) An efficient swimming machine. *Scientific American* 272(3), 64 – 71.
- Turvey, M. T. (1996). Dynamic touch. *American Psychologist*, 51, 1134 – 1152.
- Turvey, M.T. & Shaw, R. (1999) Ecological foundations of cognition. I: Symmetry and specificity of animal environment systems. En Nuñez, R. & Freeman, J. (Eds.) *Reclaiming cognition: The primacy of action intention and emotion* (95 – 110). Exeter: Imprint Academic.
- Van Duijn, M. Keijzer, F. & Franken, D. (2006) Principles of Minimal Cognition: Casting Cognition as Sensor motor Coordination. *Adaptive Behavior*, 14(2), 157 – 170.
- Van Gelder, T. (1997) Dynamics and cognition. En Haugeland, J. (Ed.) *Mind Design II* (421 - 450). EEUU, MIT press.
- Van Gelder, T. (1998) The dynamical hypothesis in cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 615 – 628.
- Van Gelder, T. (1999): Defending the dynamical hypothesis. In Tschacher, W.—J. Dauwalder (Eds.) *Dynamics, Synergetics, Autonomous Agents* (13 – 28) Singapore: World Scientific, 13–28.
- Varela, F. & Thompson, E. (2001) Radical embodiment: neural dynamics and consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(10), 418 – 425.
- Varela, F. & Shear, J. (1999) First-person Methodologies: What, Why, How? *Journal of Consciousness Studies*, 6(2–3), 1–14.
- Varela, F. (1979) *Principles of biological autonomy*. EEUU: Elsevier North Holland.
- Varela, F. (2000) *El fenómeno de la vida*. Santiago de Chile: Dolmen.
- Varela, F. Andersson, A. Dietrich, G. Sundblad, A. Holmberg, D. Kazatchkine, M. & Coutinhos, A. (1991) Population dynamics of natural antibodies in normal and autoimmune individuals. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 88, 5917 – 5921.
- Varela, F. Thompson, E. & Rosch, E. (1992) *De cuerpo presente: las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Barcelona: Gedisa.
- Varela, F. Thompson, E. & Rosch, E. (1993) *The embodied mind: cognitive science and human experience*. EEUU: MIT.
- Villee, C. (1996) *Biología*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.

Von Bertalanffy, L. (1995) *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de cultura económica.

Watzlawick, P. Beavin, J.H. & Jackson, D. (1981) *Teoría de la comunicación humana*. España: Herder.

Wiedermann, J. (2005) Globular Universe and Autopoietic Automata: A Framework for Artificial Life? En Capcarrere, M. S. Freitas, A. Bentley, & P. Johnson C. (Eds.) *Advances in Artificial Life: 8th European Conference, ECAL 2005* (3630, 21 - 30). UK: Springer - Verlag.

Wiener, N. (1948) *Cybernetics, or control and communication en the animal and the machine*. New York: The Technology press.

Wilson, E.O. (1980) *Sociobiología: La nueva síntesis*. Barcelona: Omega.

Wilson, M. & Emmorey, K. (1997). A visuospatial “phonological loop” in working memory: Evidence from American Sign Language. *Memory & Cognition*, 25, 313 – 320.

Wilson, M. & Emmorey, K. (1998). A “word length effect” for sign language: Further evidence for the role of language in structuring working memory. *Memory & Cognition*, 26, 584 – 590.

Wilson, M. (2002) Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(4), 625 – 636.

Wilson, R (1999) Individualism. En Wilson, R. & Keil, F. (Eds.) *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*. (397 - 398) EEUU: MIT Press.

Zwaan, R. Madden, C. (2005) Embodied Sentence Comprehension. En Pecher, D. Zwaan, R. (Eds.) *Grounding Cognition: The Role of Perception and Action in Memory, Language, and Thinking* (224 – 245). EEUU: Cambridge University Press.

<i>Concepto</i>	<i>Definición</i>	<i>Nivel en que opera</i>	<i>Ejemplo</i>	<i>Tipo de sistema</i>	<i>Fuente</i>
Retroalimentación	<p>Proceso mediante el cual un sistema recoge información relativa a su propia actuación y la reingresa como parte de su operar, de manera tal de mantener o corregir su funcionamiento¹.</p> <p>Retroalimentación negativa, es cuando la información reingresada al sistema permite que este reduzca la amplitud de la desviación de su operar.</p> <p>Retroalimentación positiva, es cuando la información que re ingresa al sistema aumenta la desviación con la que el sistema está actuando, lo que lleva a la desaparición del sistema².</p>	Procesos fisicoquímicos orgánicos e inorgánicos	<p>Proceso de mantención de la temperatura en el cuerpo humano (retroalimentación negativa).</p> <p>Proceso de muerte de un organismo (retroalimentación positiva)</p>	Característica de un sistema cualquiera	<p>¹Wiener, 1948.</p> <p>²Demicheli, 1995.</p>
Homeostasis	<p>Constancia del medio interno a nivel fisiológico³.</p> <p>Homeostática (máquina), condición de mantener constante o dentro de un rango delimitado algunas de las variables (de la máquina)⁴.</p> <p>La mantención de un ambiente interno relativamente constante en un ambiente externo variable⁵.</p>	Procesos fisicoquímicos orgánicos e inorgánicos	Mantención de la temperatura corporal en un ser humano entre ciertos rangos óptimos para el funcionamiento.	Característica de un sistema cualquiera	<p>³Cannon, 1939, en Rovaletti, 1989.</p> <p>⁴Maturana y Varela, 1980</p> <p>⁵Smith & Smith, 2003.</p>

Sistema	<p>Cualquier conjunto señalable de componentes que muestra un funcionamiento como unidad⁷. Colección de partes relacionadas que funcionan como una unidad⁵. Totalidades que resultan de la relación existente entre las distintas partes que las componen, y que son indivisibles mediante análisis, en tanto dichas totalidades poseen condiciones cualitativas propias, que no pueden emerger o estar representadas mediante la sumatoria o agregación de sus partes componentes⁷.</p>	<p>Aplicable a cualquier fenómeno que contenga estas características, orgánico o inorgánico</p>	<p>El sistema solar, el ser humano, una célula, un reloj, un ordenador.</p>	---	<p>⁷Maturana y Varela, 1994. ⁵Smith & Smith, 2003. ²Demicheli, 1995.</p>
Organización	<p>Relaciones que determinan una máquina como unidad, y determinan la dinámica de interrelaciones y transformaciones que están detrás de esta unidad⁸. Relaciones que determinan, en el espacio que están definidas, la dinámica de interacciones y transformaciones de los componentes, y con ello, los estados posibles del sistema⁷.</p>	<p>Aplicable a un sistema cualquiera, siendo la característica que nos permite separarlo como unidad respecto del ambiente.</p>	<p>Funcionamiento de una célula, el cual precisamente es el que la mantiene viva y la separa de su ambiente.</p>	<p>Cualidad fundacional de un sistema</p>	<p>⁸Varela, 1979 ⁷Maturana y Varela, 1994.</p>
Estructura	<p>Relaciones que se mantienen entre los componentes propios de una máquina concreta en un espacio dado^{4,7}.</p>	<p>Unidad en el mundo que exhibe una organización dada para mantenerse operando.</p>	<p>Estructura y fisiología corporal de un ser vivo, entendido como la organización de componentes interactuando entre sí para mantener la organización en ese ser vivo.</p>	---	<p>⁸Varela, 1979 ⁷Maturana y Varela, 1994.</p>

<p>Sistemas allónomos, Máquinas allopoiéticas</p>	<p>Sistema constituido gracias a leyes externas, es decir, con otro ente ejerciendo control desde afuera sobre este sistema a través de estas leyes externas. Su paradigma es la relación algo entra – procesamiento – algo sale⁸. Máquinas que generan como producto de su funcionamiento algo distinto a si mismas⁴</p>	<p>Sistemas inorgánicos y orgánicos</p>	<p>Ordenador, automóvil, sistema cardiaco de un animal (donde un órgano funciona como componente autopoietico en relación de allopoiésis con otros componentes del sistema)</p>	<p>Sistema allónimo cualquiera</p>	<p>⁸Varela, 1979 ⁴Maturana y Varela, 1980</p>
<p>Sistemas autónomos, máquinas autónomas</p>	<p>Sistema construido gracias a leyes internas. Capacidad de los sistemas vivos de mantener su identidad como unidades y como especies a través de la compensación activa de los cambios internos y externos. No poseen inputs y outputs, y cualquier fenómeno del ambiente es asimilado por este tipo de sistemas como perturbaciones ante las cuales se reacciona con una conducta⁸. (Autonomía) subordinación de todos los cambios bajo la mantención de la organización. Capacidad de los sistemas vivos de mantener su identidad a través de la compensación activa de sus deformaciones⁴.</p>	<p>Sistemas orgánicos inertes (moléculas complejas, ADN, cadenas proteicas) o vivos (células)</p>	<p>Célula como ejemplo paradigmático</p>	<p>Sistema autónomo cualquiera</p>	<p>⁸Varela, 1979 ⁴Maturana y Varela, 1980</p>

<p>Sistemas autópoiéticos Máquinas autopoieticas</p>	<p>Autopoiético viene de “autoproducido”. Un sistema autopoiético está organizado como una red de procesos de producción de componentes (generación, transformación y desintegración) que genera componentes que: (1) a través de sus interacciones y transformaciones regenera continuamente y despliega la red de procesos y relaciones producidos por el mismo, y (2) lo constituye como una unidad concreta en el tiempo espacio en el cual existe especificando el domino topológico de su despliegue como red de relaciones y procesos ⁴. La autopoiesis se distingue como una clase específica de organización entre otros sistemas homeostáticos, y por ende, como la clase propia de los seres vivos ⁸. Una máquina autopoietica continuamente específica y produce su propia organización a través de la producción de sus propios componentes. Es un sistema homeostático que tiene a su propia organización como la variable que debe mantener constante ⁷.</p>	<p>Sistemas vivos, cuya finalidad última es producir sus propios componentes, es decir, regenerar tejidos, producir células, generar proteínas útiles para el propio ser vivo.</p>	<p>Ser vivo (célula, invertebrado, vertebrado, primate humano)</p>	<p>Sistemas autónomos vivos</p>	<p>⁸Varela, 1979 ⁴Maturana y Varela, 1980 ⁷Maturana y Varela, 1994.</p>
<p>Individualidad</p>	<p>Los sistemas autopoiéticos, por medio de la mantención invariante de su organización a lo largo de la continua cadena de producción de componentes necesarios para su propio funcionamiento, conservan activamente una identidad que no depende de las interacciones con un observador y distinguen a una unidad autopoiética del ambiente ^{7,8}.</p>	<p>Sistemas vivos</p>	<p>Unidad con identidad</p>	<p>Sistemas autónomos vivos</p>	<p>⁸Varela, 1979 ⁷Maturana y Varela, 1994.</p>

Identidad	Historia de un ser vivo como individuo unitario, es decir, de cómo ha mantenido esa unidad a través del tiempo y a través de perturbaciones internas y externas ⁸ .	Sistemas vivos	La historia está contenida en la existencia misma de una unidad autopoietica en el mundo.	Sistemas autónomos vivos	⁸ Varela, 1979
Unidad	Un sistema autopoietico es una unidad gracias y solo gracias a su organización autopoietica específica: Sus operaciones especifican sus propios límites en su proceso de auto producción de componentes. La unidad autopoietica puede servir para miles de cosas, vista desde afuera, pero al observarla como objeto en si, sirve a si misma solo para mantener su organización ⁸ .	Sistemas vivos	La mantención de la membrana celular en una célula es producto del funcionamiento de la propia célula, la que a través de este la mantiene unida	Sistemas autónomos vivos	⁸ Varela, 1979
Relaciones constitutivas	Son aquellas relaciones propias de la autopoiesis que determinan que los componentes producidos constituyan la topología que materializa la autopoiesis ⁷ , entendiendo topología como la distribución espaciotemporal de estos elementos ⁸ .	Sistemas vivos	La estructura espaciotemporal de los componentes de un sistema vivo determina su forma. Para esto se necesitan relaciones constitutivas.	Sistemas autónomos vivos	⁷ Maturana y Varela, 1994. ⁸ Varela, 1979
Relaciones de especificación	Determinan que los componentes producidos sean precisamente aquellos componentes definidos por su participación en la autopoiesis ^{4, 7} Relaciones de especificación son relaciones que determinan las propiedades (identidad, destaca Varela) de los componentes de la organización autopoietica. ⁸	Sistemas vivos	El tipo de componentes fisicoquímicos que tenga un ser vivo es esencial para que en ellos opere la organización que lo caracteriza.	Sistemas autónomos vivos	⁴ Maturana y Varela, 1980 ⁷ Maturana y Varela, 1994. ⁸ Varela, 1979

Relaciones de orden	Que son aquellas que determinan y “controlan” en un sentido amplio la implementación espaciotemporal de las relaciones de especificaciones y constitutivas. Estas relaciones de orden se producen gracias a componentes que controlan la producción de relaciones, y en una célula están determinadas por algunas moléculas (metabolitos) que manejan, por ejemplo, la <i>velocidad</i> de producción de estas relaciones constitutivas y de especificación ⁸ . Determinan que la concatenación de los componentes (producidos) en las relaciones de especificidad y constitución, sean las especificadas para (mantener) la autopoiesis ⁷ .	Sistemas vivos	El tiempo (timing) y el orden que despliegan los componentes en su trabajo de mantener la identidad del sistema	Sistemas autónomos vivos	⁸ Varela, 1979 ⁷ Maturana y Varela, 1994.
Ontogénesis, Ontogénia	Historia de las transformaciones de una unidad. Por consiguiente la ontogenia de un individuo es la historia de conservación de la identidad a través de una autopoiesis continuada en un espacio físico dado ⁷ .	Sistemas vivos	Desarrollo de un ser vivo durante su tiempo de vida	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	⁷ Maturana y Varela, 1994.
Filogénesis	La historia de cambios o mantención de ciertas características que se han producido en <i>patrones de organización</i> , o especies , corporalizados en unidades de especies (siendo una especie el resultado del proceso de selección y adaptación en una población de individuos conectados reproductivamente, los cuales son nodos en una red histórica) ⁸ .	Sistemas vivos	Evolución de una especie durante su existencia antes de extinguirse	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	⁸ Varela, 1979

Acoplamiento estructural	Las continuas interacciones de un sistema estructuralmente plástico – como es un sistema vivo – en un ambiente con constantes perturbaciones producirá una continua selección de la estructura del sistema , es decir, la estructura cambiará dependiendo de estas perturbaciones, y al cambiar la estructura, el sistema se someterá al arbitrio predominante de un tipo de perturbaciones más que de otro ⁸ .	Sistemas vivos	Relaciones que se producen entre un ser vivo y su ambiente. Las relaciones que se producen en este caso, cambian la implementación estructural física del sistema para adaptarse a las perturbaciones del ambiente	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	⁸ Varela, 1979
Sistema de orden superior, acoplamiento de unidades	Cada vez que el comportamiento de una o más unidades es tal que hay un dominio en que la conducta de cada una es función de la conducta de las demás, se dice que están acopladas en ese dominio. El acoplamiento surge como el resultado de modificaciones mutuas que las unidades interactuantes sufren sin perder su unidad en el transcurso de esta interacción. Este acoplamiento, puede significar el surgimiento de un sistema de orden superior, constituido por los componentes y las relaciones que se producen en este acoplamiento ⁷ .	Sistemas vivos	Sistema que se produce entre un ser vivo y su ambiente u otros seres vivos.	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	⁷ Maturana y Varela, 1994.

Cierre organizacional	Esto es que su organización se caracteriza por procesos que: (1) se relacionan entre sí como una red, por lo que dependen recursivamente entre sí en la generación e implementación de los procesos en sí, y (2) constituyen un sistema como unidad reconocible en el espacio en el cual los procesos existen. Lo anterior, implica que los procesos que especifica una organización cerrada son de cualquier tipo tal que ocurran en el espacio definido por las propiedades de los componentes que participan en estos procesos. Los límites de la unidad, sea cualquier espacio (tiempo) en el cual este proceso exista, está indisolublemente relacionada con la operación del sistema ⁸ .	Sistemas vivos	Funcionamiento de un ser vivo, el cual se refiere a su propia organización, y que se da en los márgenes que esta organización proporciona. No existen inputs o outputs, sino solo perturbaciones de unidades totales y compensaciones de estas perturbaciones por parte del sistema vivo.	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	⁸ Varela, 1979
Plasticidad estructural	Capacidad de estas organizaciones autónomas de manifestar cambios en su estructura o en el cómo están implementadas en el espacio tiempo; en palabras de Varela “cómo los componentes específicos que implementan su cierre (organizacional) pueden ser modificados y cambiados bajo perturbaciones desde el ambiente” ⁸ .	Sistemas vivos	Genera la variabilidad en la forma de los seres vivos, de manera que estos pueden modificar su estructura para mantener su organización ante un ambiente cambiante.	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	⁸ Varela, 1979

Dominio cognitivo	<p>Dominio de todas las interacciones en que un sistema autopoietico puede entrar sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir al compensar perturbaciones⁷.</p> <p>Dominio de interacciones que un sistema autónomo puede llevar a cabo gracias a su plasticidad estructural sin perder su cierre (organizacional)⁸.</p>	Sistemas vivos	Todas las interacciones que establece un ser vivo con su ambiente, ya sea físico, con su comunidad y con su población de la misma especie.	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	<p>⁷Maturana y Varela, 1994.</p> <p>⁸Varela, 1979</p>
Dominio comunicacional	<p>Cadena de interacciones eslabonadas que, aunque la conducta de cada organismo en cada interacción sea determinada internamente por su organización autopoietica, dicha conducta es para el otro fuente de deformaciones compensables, y por lo tanto, puede calificarse de significativa en el contexto de una conducta acoplada⁷.</p>	Sistemas vivos	Interacción entre dos seres vivos ya sea físico – químicamente, conductualmente o simbólicamente.	Sistemas autónomos vivos, unicelulares y multicelulares	<p>⁷Maturana y Varela, 1994.</p>

Anexo 2: Glosario para capítulo VII

<i>Concepto</i>	<i>Definición</i>	<i>Sistemas que abarca</i>
Irritabilidad	“Cualquier cadena de reacciones físico – químicas que exhiba un sistema con una organización autopoietica o viva, ante una perturbación en el ambiente interno o externo, con el objeto de compensar estas perturbaciones sin alterar su organización”.	Sistemas vivos en general
Complejización Cuantitativa de las Perturbaciones	“En una situación de multicelularidad, aumento en la cantidad y la frecuencia de perturbaciones no destructivas u homeostáticas, puesto que existe una mayor posibilidad de presencia de perturbaciones de tipo homeostático, provenientes de la gran cantidad de células, tejidos, órganos o sistemas de órganos que rodean a la célula y que constituyen al organismo multicelular”.	
Restricción Cualitativa de Perturbaciones	“En una situación de multicelularidad, hay menos tipos de perturbaciones. El tipo de irritaciones posibles para una célula se restringe, dejando afuera aquellas que lleven a la muerte de esta o del organismo multicelular, a excepción de ciertos procesos necesarios para la mantención de la multicelularidad, como es la apoptosis o muerte celular programada, entre otros”.	
Sistema protosocial	“Conjunto de todas las interacciones en que un sistema autónomo puede entrar sin perder su identidad con otros sistemas autónomos, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir al compensar perturbaciones producidas por otros seres vivos, en donde se incluyen interacciones con seres vivos de otra especie al interior de comunidades”.	Interacción de nivel superior entre sistemas vivos
Sistema presocial	“Conjunto de interacciones en que un sistema autónomo puede entrar sin perder su identidad con otros sistemas autónomos de la misma especie, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir el ser vivo al compensar perturbaciones producidas por otros seres vivos con los cuales se comparte el mismo material genético”.	Interacción de nivel superior entre sistemas vivos multicelulares
Sistema social	“Conjunto de todas las interacciones de tipo protocomunicativo y especialmente comunicativo, ya sea conductual o simbólico, en que un organismo puede entrar con otros organismos de la misma especie sin perder su identidad, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir un organismo autónomo al compensar perturbaciones producidas por la comunicación conductual o simbólica proveniente de otros seres vivos, con los cuales se comparte el mismo material genético y en donde se es componente de un sistema unitario común, el sistema social, que a su vez	Interacción de nivel superior entre sistemas vivos multicelulares

<p>Necesidad de mensaje</p>	<p>posee identidad y organización”.</p> <p>“La información es un fenómeno que emerge de dos aspectos: 1) Del funcionamiento acoplado (acoplamiento estructural) de organismos vivos, un acople que se ha organizado y ha mantenido su identidad a través del tiempo, y que se constituye como un sistema de orden superior, distinto a los componentes vivos que lo integran. Para el funcionamiento de este sistema de orden superior que implica la mantención de la homeostasis y autopoiesis, se hace necesario que exista un flujo continuo de sustancias bioquímicas en el caso de la protocomunicación, que forma parte de la necesidad de mantener las interacciones constitutivas, de especialización y de orden, al interior de este nuevo sistema. Por lo tanto nace una necesidad de mensaje, que proviene de mantener una interacción protocomunicativa para conservar la identidad del sistema entero al cual el organismo vivo pertenece. 2) Una vez constituido este sistema de orden superior, no sólo es necesario mantener estas interacciones protocomunicativas destinadas a mantener este sistema, sino que también surge la necesidad de asegurar la supervivencia de los componentes del mismo, que son organismos vivos. El resultado de esta necesidad de mensaje y de la satisfacción de la misma, se manifiesta en la robustez.</p>	
<p>Información</p>	<p>“El flujo de vehículos materiales o interacciones físicas que emerge de las necesidades de mensaje propias de la dinámica de un sistema vivo. Estas necesidades de mensaje tienen como fin la mantención de la identidad y la autopoiesis del sistema ser vivo – otros seres vivos, y a su vez, procurar la mantención de lo mismo en los componentes de este sistema. De esta forma, la información como fenómeno natural tiene tres implicancias: 1) sería un fenómeno que emerge de la operación de un sistema vivo para mantener su identidad y su autopoiesis, y que le es inherente; 2) sería la constitución material de la comunicación en cualquiera de sus formas, siendo la comunicación el conjunto de procesos por los que pasan estos elementos materiales a través del tiempo para cumplir la primera implicancia, y 3) estos procesos, a los que denominamos comunicación, están detrás de la constitución de cualquier sistema social (protosocial, presocial y social per se)”.</p>	
<p>Procomunicação</p>	<p>“Relaciones entre organismos de distinta o una misma especie, que tienen una implementación material predominantemente química y que se dan en el marco de sistemas autónomos protosociales, presociales y sociales”.</p>	<p>Interacción de nivel superior entre sistemas vivos</p>
<p>Comunicación</p>	<p>“Relaciones de interacción entre organismos de una misma especie, que tienen una implementación material encarnada en el organismo mismo y en sus compensaciones de perturbaciones externas o</p>	<p>Interacción de nivel superior entre sistemas vivos multicelulares</p>

**Comunicación
Conductual**

irritaciones, lo que incluye su capacidad de manipular y alterar el ambiente para producir, con elementos de este, perturbaciones en otros organismos con los cuales posee una relación de acople estructural y de organización de nivel superior, es decir, en el marco de sistemas autónomos, presociales y sociales”

“Flujo de información al interior de un sistema compuesto por organismos vivos”.

“En una situación de acople estructural, materializada durante la evolución de la especie a la que pertenece el individuo y labrada durante el desarrollo ontogenético del organismo individual, un organismo exhibe una irritación que perturba su dominio cognitivo, es decir, perturba sus interacciones con su ambiente, específicamente sus interacciones con otros seres vivos de la misma especie. Esta irritación en un organismo, que sólo por motivos pedagógicos denominaremos emisor, puede tener dos fuentes: perturbaciones internas y perturbaciones externas. Por lo tanto, el vehículo material del mensaje deja de ser fisicoquímico, y radica en la irritación del propio organismo. En una relación comunicativa conductual, emisor y mensaje se fusionan, y lo que capta el receptor a través de sus canales sensoriales es simplemente la conducta exhibida. Para ser más precisos, lo que se capta es la irritación misma del organismo vivo, que altera el medio ambiente físico en la forma de una onda sonora o luminosa (escuchar una vocalización de un organismo irritado o ver su conducta), un contacto mecánico (por ejemplo, tocar con cierta intensidad y frecuencia al receptor) e incluso en un nivel más protocomunicativo, con moléculas químicas transmitidas en el aire (olfato) o contenidas en algún solvente como el agua, o distintos ácidos y aceites (gusto).

Interacción de nivel superior entre sistemas vivos multicelulares

**Comunicación
simbólica**

“En una situación de acople estructural, materializada durante la evolución de la especie a la que pertenece el individuo y labrada durante el desarrollo ontogenético como organismo individual, un organismo experimenta una irritación que afecta a su dominio cognitivo, es decir, afecta sus interacciones con su ambiente, específicamente sus interacciones con otros seres vivos de distinta o la misma especie. Sin embargo, a diferencia de la comunicación conductual directa, la comunicación simbólica es indirecta, y no es estrictamente necesaria la presencia del emisor en el mismo lugar y tiempo en el cual el receptor capta la irritación. Lo anterior, es posible simplemente porque al experimentar la irritación, como ya sabemos, el organismo emisor altera su ambiente, pero esta vez, su ambiente físico. De esta forma, el organismo emisor deja una marca o símbolo, que posee características físicas claras (las marcas que deja un perro en un árbol con las garras para delimitar su territorio, o las marcas que dejan algunos primates para

Interacción de nivel superior entre sistemas vivos superiores multicelulares (vertebrados mamíferos, primates)

Cultura

recordar donde están las mejores vallas) y que tiene la capacidad de producir irritaciones en otros organismos de la misma especie. Como se observa, no es necesario percibir o sentir la irritación del emisor por parte del receptor en el momento mismo en que se produce; esta irritación del emisor queda simbolizada en la marca que lleva a cabo, la cual al ser observada por el receptor, incluso mucho tiempo después, generará una irritación relacionada a la del emisor”.

“Conjunto de todas las interacciones de tipo comunicativo simbólico en que un sistema autónomo puede entrar, sin perder su identidad, con otros sistemas autónomos de la misma especie, es decir, el dominio de todos los cambios que puede sufrir un organismo autónomo al compensar perturbaciones producidas por la comunicación simbólica proveniente de otros seres vivos, con los cuales se comparte el mismo material genético y en donde se es componente de un sistema unitario común, el sistema social, que a su vez posee identidad y organización”.

Interacción de nivel superior entre sistemas vivos superiores multicelulares (vertebrados mamíferos, primates)