

UNIVERSIDAD
ALBERTO HURTADO

Facultad de Filosofía y Humanidades

Departamento de Filosofía

Hacia una Teoría General de la Comunicación Biológica
Una propuesta organizacional

Tesis para optar al grado académico de Doctor en Filosofía

por

Ramiro Frick

Director: Dr. Francisco Pereira

Co-Director: Dr. Leonardo Bich

Evaluadores: Dr. Matteo Mossio; Dr. Manuel Garrido

Santiago, Chile

2019

Resumen

Ejemplos de comunicación biológica (CB) ocurren entre diferentes organismos multicelulares de las misma o diferentes especies, entre diferentes organismos unicelulares, y entre diferentes células de un mismo organismo multicelular, y las interacciones comunicativas pueden involucrar una o múltiples modalidades sensoriales: hay comunicación química, táctil, acústica, visual, eléctrica, etc. Ahora bien, *¿qué es la comunicación biológica?* Ésta es la pregunta guía en torno a la cual se articula la presente investigación. La formulación y relevancia de esta pregunta, así como ciertos supuestos que se asumirán en la investigación serán introducidos en la introducción (capítulo 1).

Durante los capítulos 2-4 –la parte crítica de esta investigación– se examinarán y evaluarán diferentes teorías generales de la comunicación, a saber: la teoría informacional, la teoría dinamicista, la teoría autopoiética y la teoría evolutiva/etiológica. La primera entiende la CB como un proceso de codificación, transmisión y decodificación de *contenido representacional*. La segunda y la tercera entienden la CB como un tipo de *coordinación conductual*. La cuarta entiende la CB como un proceso de *influencia sensorial mediado por rasgos seleccionados naturalmente* en virtud de influenciar. Estas teorías serán evaluadas y comparadas a las luz de ciertos desiderata introducidos en el capítulo 1. Se demostrará que ninguna de estas teorías logra satisfacer adecuadamente los diferentes desiderata. Es decir, se demostrará que ninguna de estas teorías constituye una respuesta adecuada a la pregunta guía de esta investigación.

En el capítulo 5 –la parte creativa y propositiva de esta investigación– se desarrollará una nueva teoría general de la comunicación biológica basada en la aproximación organizacional que entiende a los sistemas biológicos como *sistemas* auto-mantenidos que realizan un régimen causal de clausura organizacional. La teoría organizacional de la comunicación desarrollada en esta investigación conceptualiza en términos organizacionales la intuición de que la comunicación es influencia sensorial funcional. El aspecto *sensorial* de la comunicación puede entenderse en términos de la *organización sensorio-motora* que deben poseer los participantes de las interacciones comunicativas; y el aspecto funcional puede entenderse en términos del *régimen de clausura organizacional* al que necesariamente están sujetas las señales comunicativas.

Índice

Listado de Acrónimos i

Índice de Figuras ii

Índice de Boxes ii

Nota sobre publicaciones iii

Agradecimientos iv

1. Introducción 1

Una teoría general de la comunicación biológica 1

1.1. ¿Qué es la comunicación biológica? Hacia una teoría general 1

1.2. La importancia de una TGC 10

1.3. Un supuesto procedimental: Realismo acerca de la comunicación biológica 12

1.4 Criterio operacional preliminar de CB 14

1.5. *Desiderata* para una adecuada TGC 17

1.6. Candidatos a TGC: TIC, TEC, TAC, y TDC 19

2. Teoría informacional de la comunicación 21

Comunicación como transmisión de información 21

2.1. Introducción: CB como transmisión de información 21

2.2 "información" en las ciencias biológicas: concepto estadístico vs concepto semántico 22

2.2.1 Concepto estadístico de información: información como correlación 23

2.2.2 Concepto semántico de información: información como contenido representacional 25

2.2.3 Fuente de predicción, inferencia, reducción de incerteza ¿Un tercer concepto de información? 26

2.2.3.1 Interpretación cognitivista 29

2.2.3.2 Interpretación no-cognitivista 31

2.2.3.3 En resumen: no es necesario un *tercer concepto de información* 32

2.3. Comunicación como transmisión de información: ¿concepto estadístico o semántico de información? 33
2.3.1 Significado y clasificación de señales: *información acerca de* 33
2.3.2 *Engaño:* señales con información falsa 37
2.4. Comunicación como transmisión de información *semántica* 39
2.4.1 Cognitivismo y aproximación informacional a la CB 40
2.4.2 Reglas de comunicación: codificación y decodificación de contenido representacional 42
2.5. Virtudes y defectos de TIC 44
2.5.1 Virtudes: TIC ayuda a sistematizar las señales y explica AID 44
2.5.1.1 TIC ayuda a sistematizar las interacciones comunicativas 44
2.5.1.2 TIC ayuda a explicar AID 45
2.5.2 Pretendidas fortalezas de TIC 46
2.5.2.1 ¿TIC cuenta con abundante apoyo empírico? 46
2.5.2.2 Afinidad de TIC con el Cognitivismo: ¿Apoyo teórico? 47
2.5.2.3 ¿TIC facilita modelamiento abstracto y formal de la CB? 48
2.5.3 Problemas heurísticos, conceptuales, extensionales y metodológicos 49
2.5.3.1 Una mala heurística: El riesgo del antropomorfismo 49
2.5.3.2 Opacidad conceptual: información y representación 51
2.5.3.3 Señales sin contenido informacional: inadecuación extensional de TIC 52
2.5.3.4 El *Canon de Morgan* e interacciones comunicativas de bajo nivel 53
2.6. El problema filosófico de los estados con contenido representacional 55
2.6.1 TIC y la naturalización del contenido representacional 55
2.6.2 TIC y teorías teleosemánticas 56
2.6.3 Funciones biológicas: teorías etiológicas 58
2.6.4 Funciones etiológicas y el problema del epifenomenalismo 59
2.6.5 Representaciones: ¿causas próximas o causas finales de la conducta? 60
A. Causalidad en Biología: causas próximas y causas últimas 61
B. Las representaciones deben ser causas próximas 62

C. La teleosemántica implica que las representaciones no pueden ser causas próximas 63
D. ¿Representaciones como explicaciones evolutivas de la conducta? 64
2.6.6 Comunicación como un hecho biológico presente 66
2.7. Recapitulación y balance general 66
3. Teoría autopoiética y teorías dinamicistas de la comunicación 71
Comunicación como co-determinación conductual 71
3.1 Aproximación a la comunicación desde el Programa Autopoiético. 71
3.1.1 "Autopoiesis": concepto, teoría y programa de Investigación 72
3.1.2 Sistemas autopoiéticos, dinámicas de acoplamiento estructural y comunicación 73
3.1.3 Recepción y ejemplos de aplicación 74
3.2. Aproximaciones dinamicistas a la comunicación 76
3.2.1 Teoría de Sistemas Dinámicos 77
3.2.2 Aproximaciones dinamicistas a la comunicación 78
3.3 Virtudes y problemas de TAC y TDC 80
3.3.1 Virtudes de TAC & TDC: impecabilidad conceptual, operacionalidad y concordancia con la práctica científica 80
3.3.1.1 TAC y TDC son impecables conceptualmente 80
3.3.1.2 TAC y TDC proveen criterios operacionales y concuerdan con la práctica científica 81
3.3.2 No es claro que TAC o TDC contribuyan a la sistematización y clasificación 82
3.3.3 ¿Puede TAC, mediante el *determinismo estructural*, explicar AID? 82
3.3.4 TAC y TDC son teorías extensionalmente inadecuadas 85
3.3.4.1 La *bidireccionalidad* es una condición innecesaria para CB 86
3.3.4.2 La *coordinación conductual* es una condición insuficiente para la CB 88
3.4 Recapitulación y balance general 89
4. Teoría evolutiva-etiológica de la comunicación 91
Comunicación como influencia funcional-evolutiva 91
4.1 Aproximaciones a la comunicación basadas en la influencia o manipulación 91

4.1.1 “Influencia” no implica adscripción de estados mentales ni se restringe a animales 94
4.1.1.1 “Influencia” no se restringe a animales 94
4.1.1.2 “Manipulación” no implica adscripción de estados mentales o representacionales 95
4.1.2 Comunicación como influencia: un concepto funcional-evolutivo 97
4.1.3 Versiones *centradas en el emisor* y versiones *cooperativas* de TEC 99
4.2 Virtudes y defectos de TEC 100
4.2.1 Virtudes: Impecabilidad conceptual, sistematización, mejor adecuación extensional que TIC 100
4.2.1.1 TEC es impecable conceptualmente 101
4.2.1.2 TEC provee un criterio objetivo de clasificación de señales 101
4.2.1.3 Mejor adecuación extensional que TIC, TAC y TDC 102
4.2.2 Potenciales problemas: señales miméticas y señales semánticas 103
4.2.2.1 Camuflaje: ¿Señales que no influencian? 103
4.2.2.2 Casos de comunicación que sí involucran información semántica 104
4.2.3 Problema: TEC parece no explicar AID 105
4.3 Problemas derivados de caracterizar la CB en términos evolutivos 107
4.3.1 Discordancia entre TEC y la práctica científica 107
4.3.2 TEC confunde la pregunta de qué es la CB con la pregunta de cómo se origina 109
4.3.3 Un estudio de caso: vocalizaciones ultrasónica de ratas infantes: señales comunicativas carentes de función evolutiva 110
4.3.4 Biología sintética y sistemas artificiales de comunicación biológica 114
4.3.5 Paréntesis: ¿Teorías funcionales-evolutivas vs teorías informacionales? 116
4.4 Recapitulación y balance general 117
5. Teoría organizacional de la comunicación 119
Comunicación biológica como influencia funcional organizacional 119
5.1 Diferenciando ACIF y TEC 119
5.2 La teoría organizacional de las funciones biológicas 120
5.3 Una aproximación organizacional de la CB: reorganizando ACIF 122
5.4 TOC es una teoría extensionalmente adecuada 123

5.4.1 Las VUs de las crías tienen la función organizacional de influenciar a la madre 124
5.4.2 ¿Señales que contribuyen a la reproducción, no al auto-mantenimiento? 125
5.4.3 Señales que contribuyen al mantenimiento del receptor 127
5.4.4 Adecuación extensional de TOC y otras teorías de la comunicación 129
5.5 TOC puede explicar las características distintivas de las señales 130
5.5.1 Organización sensorio-motora 131
5.5.2 Organización sensorio-motora y AID 131
5.5.3 Comparación entre TOC y las otras teorías de la CB en relación a AID 135
5.6 TOC: función organizacional y organización sensorio-motora 136
5.7 TOC es una teoría impecable conceptualmente 139
5.8 TOC permite clasificar sistemáticamente las señales comunicativas 139
5.9 TOC resulta operacional y consistente con la práctica científica 140
5.10 TOC: precisiones en relación a TEC y TIC 141
5.11 Balance general 142
6. Conclusión 143
Trabajo futuro 144
Referencias 147

Listado de Acrónimos

ACIF: Aproximación a la comunicación basada en la influencia funcional

AID: Arbitrariedad, Insuficiencia y Desproporcionalidad

CB: Comunicación biológica

DE: Determinismo estructural

ESR: Emisor-señal-receptor

RCO: Reacción de comprensión abdominal

TAC: Teoría autopoiética de la comunicación

TDC: Teoría dinamicista de la comunicación

TEC: Teoría evolutiva/etiológica de la comunicación

TEF: Teoría etiológica de las funciones

TGC: Teoría general de la comunicación

TIC: Teoría informacional de la comunicación

TOC: Teoría organizacional de la comunicación

TOF: Teoría organizacional de las funciones

TTS: Teoría teleosemántica

VUs: Vocalizaciones ultrasónicas

Índice de Figuras

Figura 1.1 4
Figura 1.2 5
Figura 1.3 6
Figura 1.4 7
Figura 1.5 8
Figura 1.6 9
Figura 2.1 46
Figura 6.1 135
Figura 6.2 136
Figura 6.3 140

Índice de Boxes

Box 1.1 4
Box 2.1 26

Nota sobre publicaciones

Algunos elementos de esta tesis han sido expuestos en:

Bich, L. & Frick, R. (2018). "Synthetic modelling of biological communication: a theoretical and operational framework for the investigation of minimal life and cognition." *Complex Systems* 27 (3): 267-287.

Agradecimientos

Primero que todo debo agradecer a Francisco Pereira, por su confianza y paciencia en relación a esta investigación, así como por toda la ayuda que me ha brindado en mi vida académica a lo largo de años. Infinitas gracias, sobre todo por el apoyo en momentos difíciles.

Debo agradecer también a Leo Bich, por su interés, confianza, disposición, solidaridad, y apoyo, mostrado tanto en persona, mientras estuvo en Chile y mientras estuve en Europa, así como a la distancia. Trabajar con él ha sido realmente inspirador, en muchos sentidos.

Debo agradecer además a Alvaro Moreno, Director del *IAS Research Centre for Life, Mind and Society*, San Sebastián, por la invitación a una estancia de investigación que realicé allí durante el año 2017. Fue en ese bello lugar y maravilloso ambiente intelectual donde desarrollé las ideas centrales y más constructivas de esta tesis.

Debo agradecer también a la Universidad Alberto Hurtado y a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, CONICYT, por el financiamiento de mis estudios doctorales.

Finalmente, mis mayores agradecimientos son para Sofía. Es tanto lo que hacho, por mi vida en general y esta tesis en particular, que no sabría por dónde comenzar a enumerar. Las bellas y cuidadas ilustraciones que acompañan algunos capítulos de esta tesis, por ejemplo, son de su autoría. Los momentos bellos que he vivido durante los últimos años, también.

1. Introducción

Una teoría general de la comunicación biológica

En el presente capítulo se introducirá la pregunta fundamental en torno a la cual se articula la presente investigación, a saber: ¿Qué es la comunicación biológica?, presentando algunos ejemplos paradigmáticos de interacciones comunicativas (sección 1.1), y considerando algunas razones que justifican la relevancia o importancia de contar con una adecuada teoría de la comunicación biológica (sección 1.2). Luego, se dará una breve indicación acerca de las diferentes actitudes ontológicas posibles de asumir en relación a la comunicación biológica, y se explicitará una toma de posición realista como un supuesto procedimental en esta investigación (sección 1.3). En la sección 1.4 se discutirán algunos criterios operacionales preliminares de comunicación, que introducen la noción de señal comunicativa, y se revisaran algunas características distintivas que se han atribuido a las señales. En la sección 1.5 se presentarán los *desiderata* contra los cuales las distintas aproximaciones teóricas a la comunicación serán evaluadas; y en la sección 1.6 se adelantarán las principales teorías generales de la comunicación biológica a examinar, y se expondrá el modo en que está organizada el resto de la tesis.

1.1. ¿Qué es la comunicación biológica? Hacia una teoría general

En distintas disciplinas científicas se utiliza el concepto de comunicación para caracterizar, describir y explicar una amplia y heterogénea gama de interacciones conductuales que ocurren a través de múltiples niveles de organización en el mundo biológico: ocurre comunicación entre diferentes organismos unicelulares y multicelulares, pertenecientes a una misma o a diferentes especies, y también ocurre comunicación entre diferentes células de un mismo organismo multicelular. Además, estas interacciones pueden involucrar una o múltiples modalidades sensoriales: hay comunicación química, táctil, acústica, visual, eléctrica, etc. El estudio de la comunicación biológica (CB), por tanto, es un campo de investigación altamente interdisciplinario donde naturalmente convergen la microbiología, biología celular y

molecular, ecología conductual, etología cognitiva, lingüística, psicología y biología teórica, entre otras prácticas y tradiciones científicas (D'Ettorre & Hughes, 2008).

Dada esta convergencia de aproximaciones con trasfondos teóricos, metodológicos e intereses de investigación tan diversos, no es de extrañar el escenario de escasa nitidez conceptual y el "caos semántico" reinante en el estudio de la comunicación biológica (Maynard Smith & Harper, 2003; West et al., 2007)[1]. En efecto, aunque —como veremos en la próxima sección— no existe claridad ni consenso acerca qué significa precisamente "comunicación biológica" (es decir, no hay una intensión explícita del concepto compartida por los distintos investigadores), sí hay relativo acuerdo acerca del alcance del fenómeno de la CB (la extensión del concepto), y hay así mismo un amplio conjunto de casos paradigmáticos de tal fenómeno. Entre estos casos paradigmáticos de CB figuran el *quorum sensing* entre bacterias, los *caminos de feromonas* de hormigas, la *señalización floral* entre plantas y animales, las *danzas de reclutamiento* de abejas, los *rituales de cortejo* en aves, las *llamadas de alarma predatoria* en monos Vervet (ver ***Box* 1.1**), y cómo no, el *lenguaje verbal y no verbal* en seres humanos.

La agrupación bajo una misma categoría de fenómenos tan distintos puede parecer algo sorprendente. Como señala Thom Scott-Phillips: "a primera vista, estos fenómenos tienen poco en común. Sin embargo, presumiblemente deben compartir algo si es que nos parece bien identificarlos a todos ellos como instancias de comunicación" (Scott-Phillips, 2009: 245). Pues bien, ¿qué es lo que todos estos diferentes fenómenos tienen en común? ¿Cuál es la propiedad que algo debe tener para ser considerado una instancia de comunicación? ¿En virtud de qué discriminamos a las interacciones conductuales entre comunicativas y no-comunicativas? En suma, ¿qué es la CB?

Estas serán las preguntas guías de la presente investigación, y en este contexto, diremos que una respuesta general a estas preguntas constituye una Teoría General de la Comunicación Biológica (TGC). Una TGC provee una caracterización general de la CB, y responde estas preguntas mediante la especificación de un conjunto de condiciones suficientes y necesarias que debe tener un fenómeno para ser incluido en la categoría de CB. Actualmente existen distintas propuestas de TGC, pero ninguna de estas propuestas goza de aceptación unánime dentro de la comunidad científica. Más bien, la

[1] En relación a una situación de similar "caos semántico" con los términos y conceptos fundamentales del estudio evolutivo del comportamiento social, West et al. (2007) afirman: "The potential for such semantic confusion is greatest with interdisciplinary research" (West et al 2007: 425).

falta de consenso respecto de una adecuada TGC es un hecho enfatizado recurrentemente por distintos investigadores, algunos de los cuales han llegado a poner en duda la realidad misma de la CB como una categoría biológica objetiva, e incluso han presentado argumentos a favor de la eliminación del concepto de comunicación *qua* término teórico dentro las ciencias biológicas.

Uno de los principales objetivos de la presente investigación consiste en la propuesta y elaboración de una nueva TGC, puesto que —como se argumentará en los próximos capítulos— ninguna TGC propuesta hasta el momento resulta totalmente adecuada o satisfactoria. Ahora bien, ¿qué criterios determinan lo adecuada y satisfactoria que es una TGC? ¿Por qué es importante contar con una adecuada TGC? y por último, dado que ha sido puesto en duda, ¿realmente existe la comunicación biológica? En lo que resta de esta sección debemos confrontarnos con estas preguntas.

Box 1.1 Algunos ejemplos paradigmáticos de CB

Quorum sensing en bacterias. En respuesta a ciertas condiciones ambientales, una bacteria individual puede producir y liberar a su entorno ciertas señales químicas difusibles, llamadas *inductores*, y además posee receptores que le permiten responder a estos inductores. Cuando un número suficiente de inductores se unen a sus receptores, una bacteria responde: i) aumentando la producción de inductores, y ii) activando la transcripción de ciertos genes. Cuando hay un reducido número de bacterias, los inductores emitidos se difunden rápidamente en el medio, de manera que no tiene efecto sobre el comportamiento o actividad de estos individuos. Sin embargo, cuando tamaño y la densidad poblacional aumenta a cierto nivel, la difusión se reduce y la concentración del inductor también aumenta, de modo que las bacterias reaccionan produciendo más inductores, en un proceso de retroalimentación positiva que acelera el aumento de la concentración. Cuando la concentración de inductores supera un cierto umbral, la población completa de bacterias se comporta de manera coordinada expresando ciertos genes y produciendo cierta clase de proteínas (Figura 1.1). La expresión colectiva de ciertos genes, a su vez, se traduce en formas de comportamientos colectivos coordinados relativos a la simbiosis, virulencia, motilidad, formación de bio-películas, esporulación, etc. El *quorum sensing* (percepción de quorum), en resumen, es el proceso responsable de que un conjunto de células independientes, mediante la emisión y recepción de señales extracelulares, pueda realizar comportamientos sociales altamente coordinados (Greenberg, 1997; Waters et al., 2005).

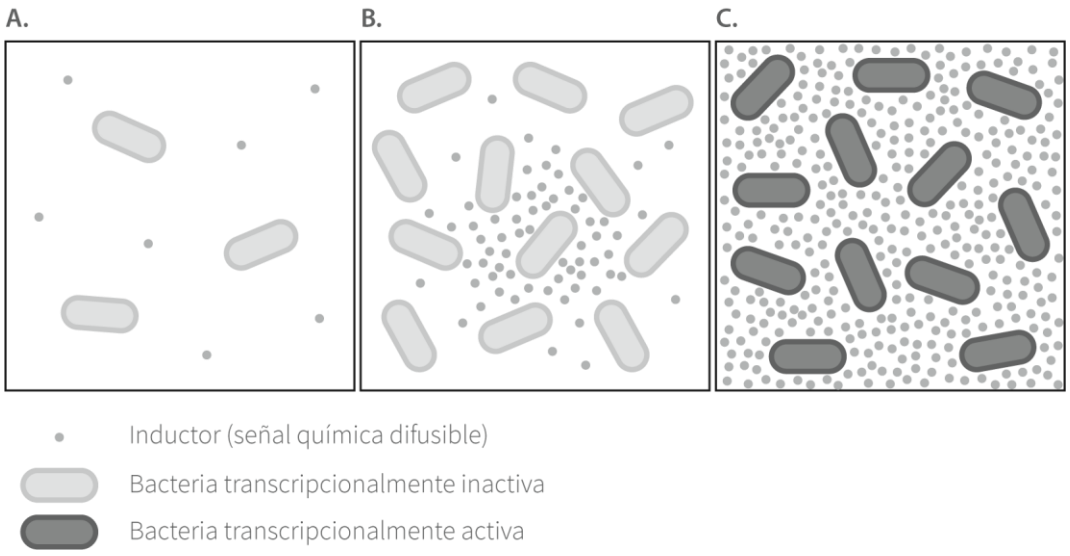


Figura 1.1 Cuando hay pocas bacterias (A), la señal química se difunde. Cuando la densidad poblacional aumenta la señal alcanza mayor concentración (B), e induce la expresión colectiva de la transcripción de ciertos genes (C).

Caminos de feromonas en hormigas. Cuando un grupo de hormigas sale de su nido en búsqueda de alimento, suele observarse un cambio repentino desde una primera etapa de comportamiento relativamente aleatorio, donde las distintas hormigas se mueven hacia distintos puntos y describen distintas trayectorias, a una etapa alto nivel de orden y coordinación conductual, donde las hormigas transitan en fila, una detrás de la otra, de ida o de vuelta por un mismo camino entre el hormiguero y una fuente de alimento. Tal fenómeno de coordinación conductual está mediado por la emisión y recepción de una señal química: cuando una hormiga encuentra alimento, se devuelve al nido secretando feromonas (una clase de sustancias químicas volátiles), dejando tras de sí un rastro o "camino de feromonas" desde el hormiguero a la fuente. Cuando alguna hormiga detecta feromonas, avanza siguiendo el rastro a través del gradiente de concentración, y una vez en el camino, lo sigue hasta la fuente de alimentos. Si aún hay alimento, a su regreso ella irá por el camino secretando sus feromonas, contribuyendo así a aumentar la concentración de estas señales químicas, lo que refuerza el camino y atrae más hormigas que harán lo mismo, en un proceso de retroalimentación positiva, que puede dar lugar a una "autopista" química transitada ordenadamente por miles de hormigas (Figura 1.2). Cuando la comida se agota, las hormigas dejan de secretar feromonas a su regreso, y las feromonas presentes en el camino comienzan a evaporarse, de modo que cada vez menos hormigas son atraídas a recorrer el camino, en un proceso de retroalimentación negativa (Wilson, 1962; Jackson & Ratnieks, 2006).

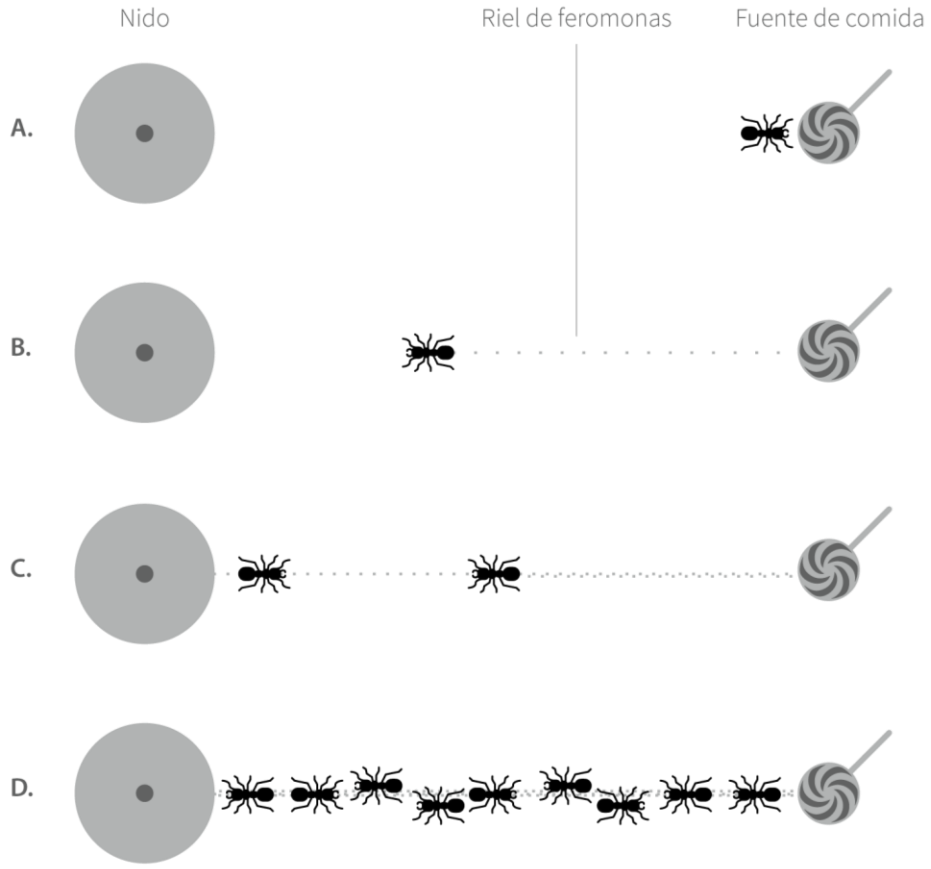


Figura 1.2 Una hormiga encuentra alimento (A), y regresa al nido dejando un rastro de feromonas (B). Las feromonas les permiten a otras hormigas llegar al alimento, y el sendero es reforzado por las feromonas que estas depositan (C y D).

Comunicación entre plantas y polinizadores. Muchas plantas dependen de ciertos animales para su reproducción, ya sea mediante polinización o dispersión de semillas. En el caso de las flores, su éxito reproductivo depende en gran medida de la especificidad de sus polinizadores (sean insectos, aves, o mamíferos), es decir, depende de que un animal traslade su polen a otras flores de su misma especie. En congruencia con este requerimiento, encontramos que las flores emiten y despliegan una gran variedad de señales visuales, odoríficas, gustativas y táctiles que atraen a ciertas tipos específicos de polinizadores, y no a otros (Figura 1.3). Estas señales suelen presentar características finamente ajustadas a los sistemas sensoriales de los polinizadores, como por ejemplo, colores y patrones geométricos especialmente detectables para el sistema de percepción visual, o elementos químicos que calzan muy bien con los quimio-receptores de ciertos animales específicos, pero no otros (Schaefer & Ruxton, 2011).

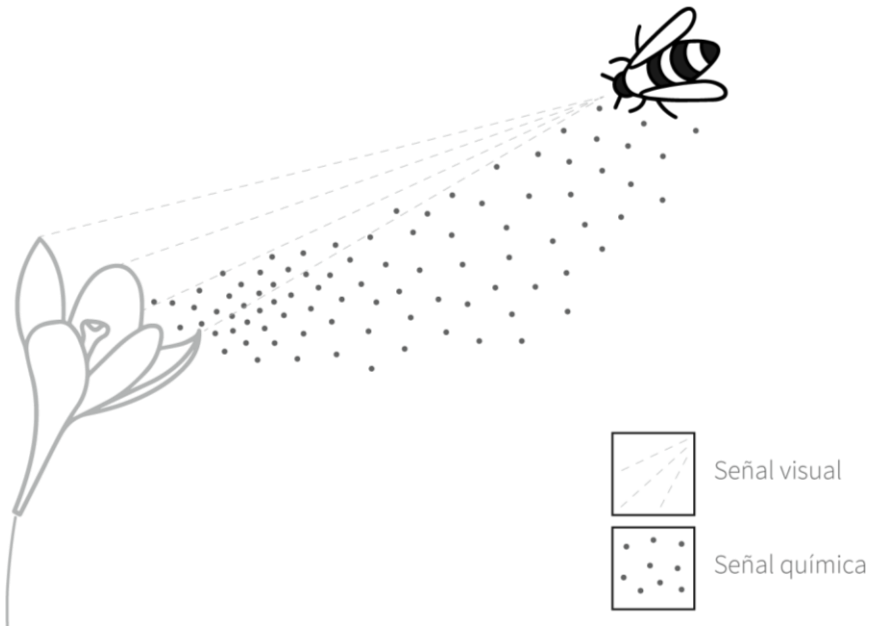


Figura 1.3 Las flores emiten distintas señales que los polinizadores reciben mediante distintas modalidades sensoriales.

Danza de reclutamiento de abejas. Cuando una abeja obrera encuentra una fuente alimento, vuelve al panal y realiza un complejo patrón de movimientos popularmente conocidos como "la danza de las abejas", que tienen el efecto de reclutar y guiar a otras abejas hasta el alimento. La abeja realiza una serie de movimientos oscilatorios de abdomen (meneos) mientras avanza a lo largo de una línea entre un punto inicial y un punto final, desde donde la abeja se devuelve hacia al punto inicial y vuelve a avanzar meneándose hasta el punto final, en un proceso que se repite varias veces. La dirección de la línea por la que la abeja avanza meneándose se correlaciona con el ángulo respecto de la posición del Sol en que se ubica la fuente de alimento, y la cantidad de movimientos del abdomen se correlaciona con la distancia a la que se encuentra dicha fuente en relación a la colmena (Figura 1.4). Esta compleja señal motora es percibida por las otras abejas obreras, las que responden saliendo de la colmena en búsqueda del alimento (von Frisch, 1967; Riley et al., 2005).

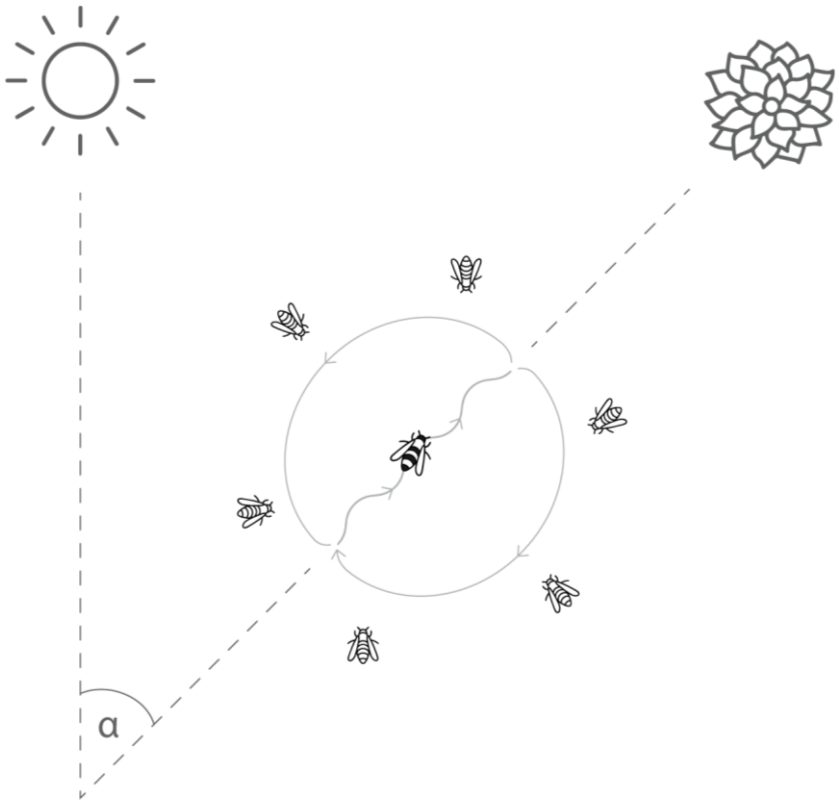


Figura 1.4 Luego de encontrar alimento, una abeja obrera ejecuta un baile de ondulaciones cuya dirección se correlaciona con el ángulo en que está la fuente de alimento en relación a la posición del sol y la cantidad de ondulaciones se correlaciona con la distancia.

Rituales de cortejo en aves. En prácticamente todas las especies con reproducción sexual es posible ver que uno de los sexos (típicamente el macho) produce y exhibe ciertas señales de cortejo que atraen al sexo complementario (típicamente la hembra), facilitando la reproducción. Las conductas de cortejo abarcan desde casos relativamente simples, como la secreción de alguna feromona o la emisión de algún patrón sonoro, hasta complejos rituales donde se despliegan simultáneamente dos o más señales perceptibles vía diferentes modalidades sensoriales (señales visuales, táctiles, acústicas, químicas, eléctricas, etc.). En las aves es posible observar un sin número de complejos rituales de cortejo. Un caso recientemente estudiado se observa en el azulito coroniazul (*Uraeginthus cyanocephalus*), cuyos rituales de cortejo corresponden a una especie de "tap dancing" en que tanto el macho como la hembra producen una serie de sofisticados patrones visuales, acústicos y táctiles por medio de cantos, saltos, golpeteos de pié y desplazamientos (Ota et al., 2015). Otro caso interesante de comunicación multimodal se observa en el cortejo del colibrí de Anna (*Calypte anna*), donde los machos vuelan hasta unos 35 metros arriba de la hembra en solo 7 segundos, y luego se dejan caer en piquero alcanzando velocidades de hasta 100 km/h, pasando al lado de ella y deteniéndose a cantar durante de 2 a 3 segundos, tras lo cual repiten esta conducta varias veces (Clarck, 2009) (Figura 1.5). Durante el piquero el macho posiciona las plumas de la cola de manera tal que emiten un sonido agudo similar a un silbido.

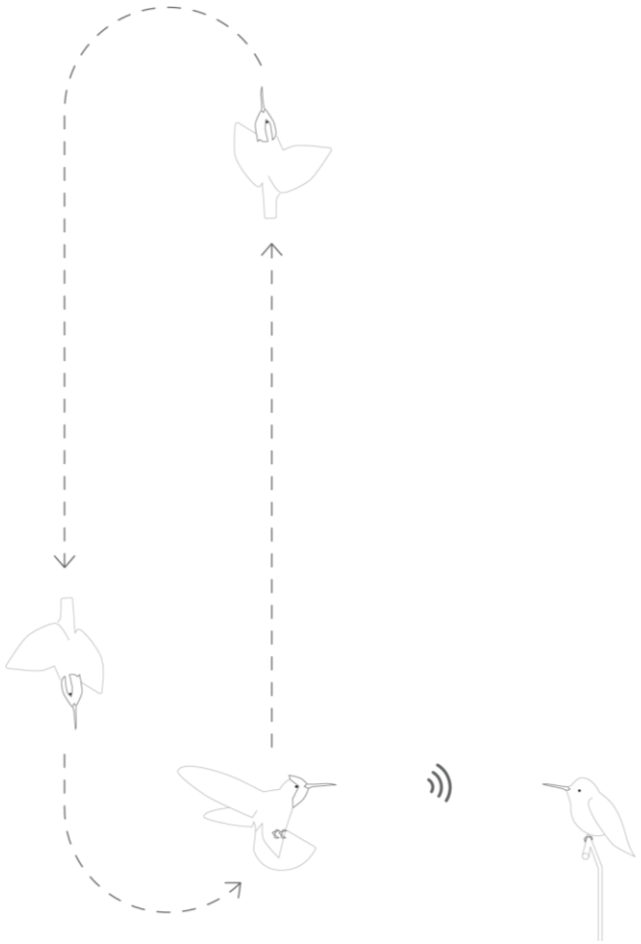


Figura 1.5 En la danza de cortejo del colibrí de Anna, el macho alterna energéticos ascensos, piqueros y cantos.

Llamados de alarma en monos Vervet. En distintas especies de aves y primates se observan interacciones mediadas por distintas señales de alarma gatilladas por tipos específicos de predadores. Este fenómeno se demostró por primera vez en los monos Vervet (*Chlorocebus pygerythrus*) (Seyfarth et al., 1980a, b), donde existen tres tipos de vocalizaciones con diferentes propiedades acústicas que se emiten en presencia de tres tipos distintos de predadores: leopardos, agilas, y serpientes, y los receptores responden diferentemente a las diferentes vocalizaciones, de maneras apropiadas para cada tipo de predador. Cuando un mono escucha la señal de águila, mira al cielo y se esconde en arbustos (Figura 1.6 A); cuando escucha la señal de serpientes, inspecciona el suelo y sus alrededores (Figura 1.6 B), y al escuchar la llamada de alarma de leopardo, corre a subirse a los árboles Figura 1.6 C).

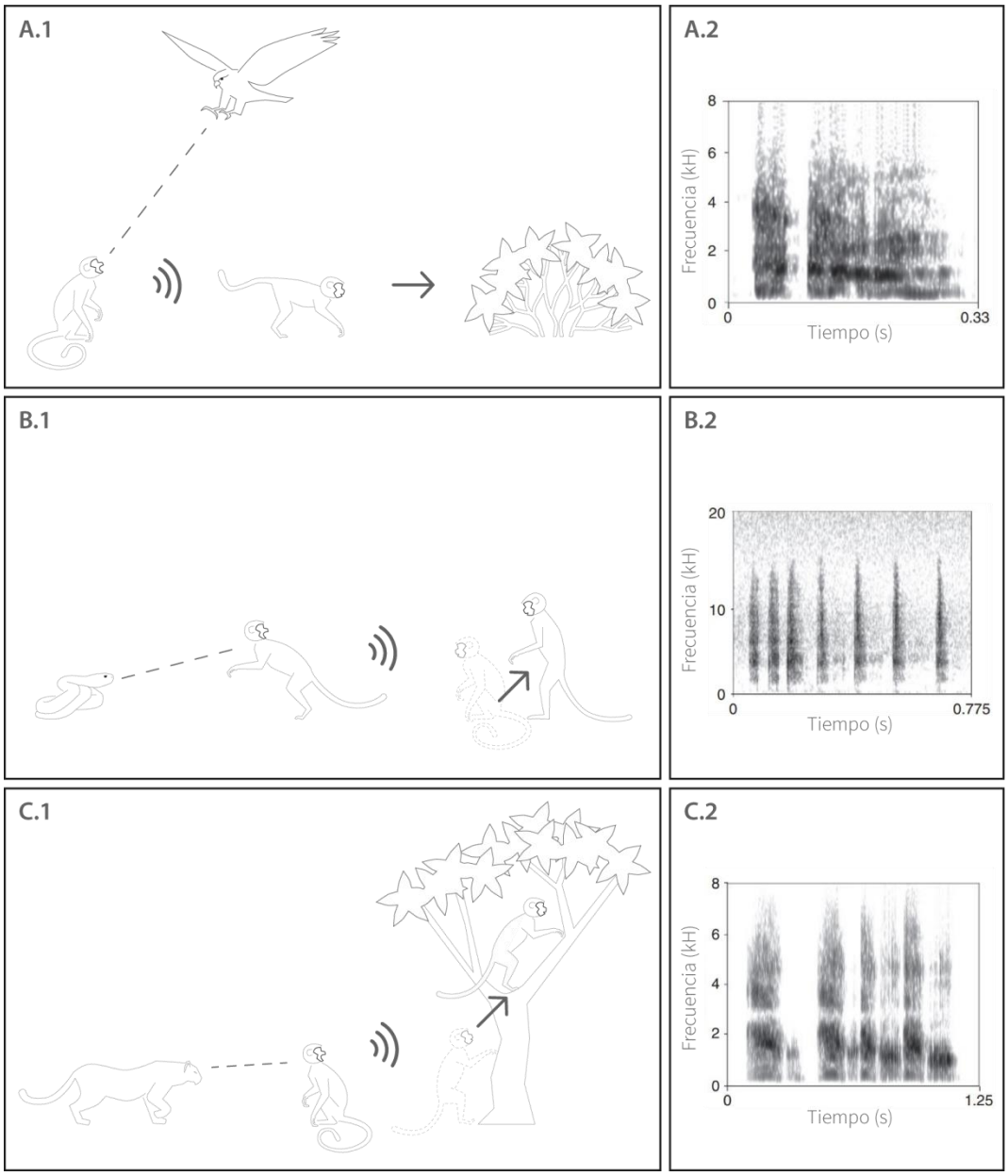


Figura 1.6 Los monos Vervet emiten distintas llamadas de alarma ante la presencia de águilas, serpientes y leopardos (A2, B2 y C2) y responden de manera diferente y adecuada ante las diferentes llamadas (A1, B1, C1).

1.2. La importancia de una TGC

Una TGC especifica aquello que todas las instancias de CB comparten esencialmente, aquello en virtud de lo cual un fenómeno es una interacción comunicativa. La importancia de contar con una adecuada TGC puede entenderse en relación a distintos tipos de prácticas intelectuales y valores epistémicos.

Primero, el desarrollo de una adecuada TGC resulta valioso como ejercicio filosófico. La filosofía tiene como objetivo, en palabras de Wilfrid Sellars, "entender cómo las cosas en el sentido más amplio posible del término encajan o están relacionadas entre sí en el sentido más amplio posible del término"[2] (Sellars, 1963:1). La filosofía tiene —al menos en parte— un rol unificador en relación al conocimiento del mundo, y debe proveernos una visión panorámica y general de realidad. Si bien una TGC no trata de "todas las cosas", es decir, de *las cosas, en el sentido más amplio posible del término*, una adecuada TGC sí nos permitirá esclarecer y entender la relación que hay entre muchas cosas muy diferentes entre sí, como por ejemplo, el ya referido fenómeno de *quorum sensing* en bacterias y las llamadas de alarmas en monos Vervet. Una TGC nos ayudará a comprender en qué sentido estas cosas son realmente instancias de un mismo tipo, o qué razones hay para considerar a estos fenómenos como miembros de una misma categoría biológica. Por ello, una TGC implica un avance en relación a un objetivo epistémico muy valioso, a saber, la *comprensión* (o *entendimiento*), que Bartelborth (2002) define así:

> "By 'understanding' I mean the embedding of our observations, events, and other facts into more general patterns that bring our different observations together in a coherent world view, which seems to be our main epistemic aim."
>
> (Bartelborth 2002: 91)

Por otra parte, además de ser valioso en términos epistémicos y filosóficos, el desarrollo de una adecuada TGC también es importante en relación a la práctica científica, ya que representa un avance en claridad y precisión conceptual. La importancia para la ciencia de contar con conceptos claros y precisos ha sido enfatizada en diversas ocasiones por científicos y filósofos. En reiteradas ocasiones, por ejemplo, el biólogo Ernst Mayr (Mayr, 1982, 1988) ha afirmado que los mayores progresos en

[2] "The aim of philosophy, abstractly formulated, is to understand how things in the broadest possible sense of the term hang together in the broadest possible sense of the term".

ciencias biológicas no se deben tanto al aumento del conocimiento empírico, o al descubrimiento de leyes, como sí a la clarificación de ciertos conceptos fundamentales:

> In biological science [...] most major progress was made by the introduction of new concepts, or the improvement of existing concepts. Our understanding of the world is achieved more effectively by conceptual improvements than by the discovery of new facts, even though the two are not mutually exclusive. [...] One can take almost any advance, either in evolutionary biology or in systematics, and show that it did not depend as much on discoveries as on the introduction of improved concepts. (1982: 23-24).
>
> Instead of formulating laws, biologists usually organize their generalizations into a framework of concepts. [...] Progress in biological science is, perhaps, largely a matter of the developments of these concepts or principles. The progress of systematics was characterized by the crystallizations and refinement of such concepts as classification, species, category, taxon, and so on; evolutionary science by such concepts as descent, selection, and fitness. Similar key concepts could be listed for every branch of biology.
>
> (Mayr, 1982: 43)

Los ecólogos Shrader-Frechette & McCoy (1993) atribuyen un papel decisivo en el progreso de una ciencia a la "clarificación de sus conceptos fundamentales", ejercicio que ven como una "condición necesaria para tener una ciencia pública, empírica y testeable" (1993: 11). En el contexto de la ecología, ellos afirman:

> Without clarification of —and consensus about— such concepts, different ecologist will fail to make logical contact with each other. Instead, they will operate with various "private" ecologies; they will fail to provide authentic replications, confirmations, or falsifications of the findings of other scientists allegedly working on the same problem.
>
> (Shrader-Frechette & McCoy , 1993: 11)

Quienes se dedican a investigar la ecología evolutiva del comportamiento social en distintas clases de organismos también han reparado sobre la importancia del refinamiento conceptual. Mientras M. J. West-Eberhard señalaba en la década de los 80s que "el espectacular progreso reciente en este campo se debe primariamente al avance

conceptual" (1983: 1326), dos décadas más tarde S. A. West y colaboradores alertan sobre los peligros de la confusión semántica existente aún en este campo de estudio:

> Over the last 43 years, a huge theoretical and empirical literature has developed on this topic. However, progress is often hindered by poor communication between scientists, with different people using the same term to mean different things, or different terms to mean the same thing. This can obscure what is biologically important, and what is not.
>
> (West et al., 2007: 415)

Adicionalmente, West et al. (2007) señalan que la confusión semántica "puede conducir a debates o disputas cuando de hecho no hay desacuerdos, o a la ilusión de acuerdo cuando de hecho hay desacuerdo" (2007: 415).

Finalmente, y esta vez específicamente en relación a la importancia de un claro concepto de CB, los biólogos Diggle et al. (2007a, b) afirman que el considerar o no considerar a una interacción como una instancia de comunicación puede conducir a predicciones muy diferentes acerca de la conducta de los organismos involucrados.

En suma, el valor y la relevancia de una adecuada TGC puede apreciarse tanto desde la filosofía como de las ciencias biológicas, pues una adecuada TGC, entre otras cosas, tiene el potencial de: i) contribuir a esclarecer y entender la relación que hay entre muchas cosas muy diferentes entre sí; ii) representar un avance conceptual en términos de claridad y precisión; iii) facilitar la interacción y entendimiento entre científicos estudiando distintos aspectos del mismo fenómeno; y iv) iluminar controversias y debates mediante la exposición de falsos acuerdos y falsos desacuerdos.

1.3. Un supuesto procedimental: Realismo acerca de la comunicación biológica

La dificultad de caracterizar o definir adecuadamente el concepto de "comunicación biológica" y la consecuente falta de consenso acerca del significado de este concepto han sido enfatizadas en diversas ocasiones por varios investigadores. De manera muy gráfica, por ejemplo, el biólogo P.J.B. Slater, en la sección "What is animal communication?" del artículo con el que abre un libro dedicado exclusivamente a la comunicación animal, luego de considerar distintos ejemplos de interacciones animales que por su heterogeneidad "ilustran la dificultad de llegar a una definición de comunicación enteramente satisfactoria que sea no ambigua y que sea aplicable a todos

los casos", termina por concluir: "sea cual sea la definición usada, alguien siempre estará en desacuerdo con ella" (Slater, 1983: 12).

Este pesimismo conceptual es llevado un paso más allá por D.B. Lewis y D.M. Gower, quienes en el capítulo "What is Communication?" de su libro *Biology of Communication*, no solo dudan de la posibilidad de alcanzar consenso, sino que declaran imposible la tarea de articular una adecuada TGC:

> Many authors have found the phenomenon of communication very difficult to define, and most of the definitions are unsatisfactory because they have been either too restrictive or have allowed the inclusion of interactions which are not accepted as "proper" communication. [...] it is impossible to achieve a definition, at once comprehensive and specific, of a term so widely used (and misused).
>
> (Lewis & Gower, 1980: 1-2)

La aparente imposibilidad de definir adecuadamente el concepto de comunicación y el consiguiente crónico desacuerdo semántico que reina en las ciencias biológicas son probablemente lo que ha conducido a algunos investigadores a dudar que "comunicación biológica" realmente corresponda a una categoría biológica objetiva, y a preguntarse si el uso de este concepto no será más bien metafórico que literal.

Respecto de la CB (como de cualquier otro dominio de ítems) es posible asumir diferentes "actitudes ontológicas", que van desde posiciones o actitudes *realistas* hasta actitudes *anti-realistas*. Un realista sostiene que la CB realmente existe: los fenómenos comunicativos existen de manera objetiva, con independencia de las propiedades de quien observa o describe el fenómeno (es decir, con independencia de esquemas conceptuales, intereses de investigación, estrategias heurísticas, etc.)[3]. En contraste, un anti-realista es quien niega la existencia independiente de la CB, sea porque sostiene que la existencia de los fenómenos comunicativos es dependiente del observador —e.g. "la existencia de la CB es una ficción útil dentro de la práctica científica"—, o bien porque sostiene que el fenómeno de la CB lisa y llanamente no existe.[4]

[3] Puede verse Brock & Mares (2014) para una discusión clara y extensa acerca del Realismo y Anti-realismo como actitudes metafísicas generales acerca de algún dominio de ítems (e.g. números, hechos morales, colores, mundos posibles, clases naturales, etc.).

[4] Cf. Levy (2011) para una visión ficcionalista sobre la información biológica, y Godfrey-Smith (2014) sobre la consideración de esta propuesta en relación a la comunicación biológica.

Recientemente algunos investigadores han adoptado una forma particularmente agresiva de anti-realismo sobre la CB, a saber, un *eliminativismo*. Tal es la actitud que los biolingüistas Sergio Balari y Guillermo Lorenzo explícitamente han manifestado:

> […] when we speak of "animal communication" we are not referring to a natural kind, but to a highly heterogeneous collection of behaviors for which there is no hope of finding a sufficient and satisfactory set of common general principles in order to justify a research program.
> […] The notion of "animal communication" appears to deserve the same kind of eliminativist pruning that, for some philosophers, is deserved by other ordinary language terms, like, for example, "consciousness," routinely applied in psychological theory.
>
> (Balari & Lorenzo, 2013: 56-57)

Aclaradas las distintas actitudes ontológicas que es posible asumir ante el fenómeno de CB, es preciso advertir que por lo pronto, desde aquí y hasta varios capítulos más adelante, *esta investigación dará por supuesta la realidad de la CB*; es decir, se presupondrá una actitud realista. Por ello, las alternativas a explorar y considerar se enmarcarán siempre dentro de la (mayoritaria) posición realista, y alternativas como el ficcionalismo o el instrumentalismo acerca de la CB, por ejemplo, no serán consideradas.

1.4 Criterio operacional preliminar de CB

En este capítulo se ha hecho referencia a distintas instancias de CB, incluyendo algunos ejemplos paradigmáticos de interacciones comunicativas. Ahora bien, de todas las interacciones entre sistemas biológicos que se observan en la naturaleza, ¿cómo distinguir a las interacciones específicamente comunicativas? Una primera aproximación a esta cuestión, algo ingenua, podría ser:

> (**D1**) Ocurre comunicación cuando un sistema A produce un cambio de estado en algún sistema B.

Si bien D1 parece identificar una característica necesaria de la CB, D1 no resulta suficiente. Claramente, el caso en que el movimiento de una bola de billar X causa el movimiento de una bola de billar Y no corresponde a una instancia de comunicación, pese a que satisface la definición operacional D1. Casos como el de las bolas de billar se

pueden excluir fácilmente si uno reformula D1 especificando que la interacción debe ocurrir entre *organismos* o *sistemas biológicos*:

> (**D2**) Ocurre comunicación cuando un cambio de estado en organismo o sistema biológico A produce un cambio de estado en algún otro organismo o sistema biológico B.

El problema aquí es que de D2 parece ser más bien una definición operacional de "interacción biológica" que de "comunicación". El caso en que un león, en el contexto de una persecución, alcanza a una gacela, clava sus garras y dientes sobre ella y ejerce tracción con sus patas traseras de manera que la gacela deja de correr, es un caso donde un organismo produce cambios en otro organismo, y sin embargo, no corresponde a una instancia de CB –más bien, constituye un *ejemplo paradigmático de interacción no comunicativa*.[5] Otro caso de interacción paradigmáticamente no comunicativa que también satisface con D2 es aquel en que un organismo –digamos, un ciervo– desplaza de una fuente de recursos a otro organismo rival por medio de "fuerza bruta" –por ejemplo, empujándolo.

Para excluir estos casos, algunos biólogos han reformulado criterios como D2, especificando que la comunicación involucra un sistema *emisor* que causa un cambio de estado o respuesta en un sistema *receptor* –y aquí está lo crucial– mediante la emisión de una *señal*. Esta es, por ejemplo, la estrategia seguida por Hurd & Enquist (2005):

> *Operational definition:* Communication is a change in receiver behaviour in response to a signal. If different signals cause different responses, then communication has taken place. This is how communication is identified empirically.
>
> Hurd & Enquist (2005: 1167)

En términos más generales, esta idea la podemos plasmar así:

> (**D3**) Ocurre comunicación cuando un sistema biológico A (emisor) causa una respuesta o cambio de estado en otro sistema biológico B (receptor) mediante una señal.

¿Qué ocurre con D3 en relación a los casos como el del león forzando la detención de la gacela, o el del ciervo desplazando por la fuerza a su rival de una fuente de

[5] Ver Wiley (1994: 162).

recursos? ¿Quedan excluidos de la categoría de comunicación? No es del todo claro. Y esto, pues el concepto mismo de *señal* no está definido aún –entre los términos definidos por Hurd & Enquist (2005) no se encuentra "señal". Esto es un problema, pues los términos "comunicación" y "señalización" de hecho suelen utilizarse como términos estrictamente equivalentes en literatura sobre CB (cf. Cullen 1972; Dawkins & Krebs, 1978; Owren et al. 2010). Así que a no ser que la noción de señal se especifique mediante conceptos ya definidos, D3 resulta una fórmula abstracta que no puede ser utilizado como un criterio operacional.

En los siguientes capítulos examinaremos críticamente distintas maneras propuestas de definir el concepto de señal (y correlativamente, el concepto de comunicación). Por lo pronto, sin embargo, podemos examinar algunas características generales que diferentes biólogos y teóricos de la CB han apuntado en relación a las señales comunicativas y el modo en que se asocian causalmente a sus respuestas.

J. M. Cullen (1972) elocuentemente caracteriza las interacciones mediadas por señales en contraposición a las señales mediadas por "fuerza bruta":

> "When the reactor's behaviour is changed by physical force we do not usually speak of a signal: to a man the command 'Go jump in the lake' is a signal, the push which precipitates him is not"
>
> Cullen (1972: 102)

Los biólogos J. B S. Haldane y Haven Wiley sostienen puntos de vista en concordancia con este contraste entre interacciones comunicativas e interacciones mecánicas simples:

> "A general property of communication is the pronounced energetic efficiency of signalling: a small effort put into the signal typically elicits an energetically greater response"
>
> Haldane (citado en Wilson 1975: 172)

> "Communication can be defined [...] as any alteration in a receiver produced by a signaler by means of a signal. A signal is any pattern of energy or matter produced by one individual (the signaler) without providing the power to produce the entire response.

Wiley (1994)[6]

El concepto de *señal* se introduce en las definiciones de CB como D3, entre otras cosas, para excluir de la categoría de comunicación aquellas interacciones mediadas por pura fuerza física tales como la depredación o los combates físicos (no "ritualizados"). Como ilustran los pasajes recién citados, el concepto de señal pone de manifiesto que la comunicación no consiste simplemente en transferencia de *momentum*. Las señales, a diferencia de otros rasgos biológicos, tienen una serie de características distintivas en relación a las respuestas que gatillan en los receptores. De manera algo más sistemática, podemos resumir estas ideas afirmando que las señales exhiben las siguientes características distintivas:

> ***Desproporcionalidad***: la energía utilizada en la producción de la señal por parte del emisor no es necesariamente proporcional a la respuesta que dicha señal produce en el receptor –en principio, una señal "barata" en términos energéticos puede gatillar una respuesta energéticamente muy costosa;
>
> ***Insuficiencia***: una señal por sí misma no es suficiente para producir la respuesta que produce en el receptor –en principio, el receptor podría no responder a la señal;
>
> ***Arbitrariedad***: la asociación entre una señal y la respuesta que produce en el receptor no es necesaria, sino más bien contingente –en principio, la señal podría gatillar otras respuestas, o la misma respuesta podría ser gatillada por otras señales.

Como se señalará en la próxima sección, una adecuada TGC idealmente debería poder explicar o dar cuenta de estas características distintivas de la señal: *Arbitrariedad*, *Insuficiencia* y *Desproporcionalidad* (AID).

1.5. *Desiderata* para una adecuada TGC

A lo largo de esta tesis se analizarán y evaluarán críticamente las principales aproximaciones teóricas a la CB, es decir, distintos candidatos a TGC. Ahora bien, ¿cómo se realizará esa evaluación? ¿Qué criterios serán utilizados para determinar la calidad

[6] Ver también Wiley (1983, 2013).

de los candidatos? A continuación se proponen un listado de los principales desiderata que debiese satisfacer una adecuada TGC.

Adecuación extensional

Una adecuada TGC debe: 1) incluir como instancias de CB todos aquellos fenómenos que intuitivamente parecen ser instancias de comunicación y que son así tratados en la práctica científica; y 2) excluir como instancias de comunicación todos aquellos fenómenos que intuitivamente nos parecen interacciones no comunicativas y que son clasificados así en la práctica científica. En particular, una TGC sería inadecuada si excluyera como instancia de CB alguno de los casos ejemplares o paradigmáticos ilustrados en el Box 1.1; o si incluyera como instancias de CB casos paradigmáticos de interacciones no-comunicativas tal como interacciones predador-presa o combate físico, entre otras.

Impecabilidad conceptual.

Una TGC debe ser conceptualmente impecable, es decir, debe caracterizar y definir la comunicación (y la noción de señal) mediante conceptos claros, precisos y naturales (admisibles desde la perspectiva del naturalismo metodológico).[7] Una TGC que defina "comunicación" mediante un concepto X será una teoría inadecuada si es que X es tanto o más oscuro, confuso o vago que el concepto mismo de "comunicación", o si X entorpece el uso del concepto de "comunicación" en la investigación científica, o si X denota alguna característica no-natural (o sobrenatural), difícil de ser naturalizada.

Operacionalidad

Una TGC debe caracterizar y definir la CB de manera tal que provea un *criterio operacional de comunicación*, esto es, un criterio utilizable por los científicos en y para el estudio de la CB. Una TGC resulta inadecuada si especifica un criterio de CB en términos de alguna propiedad X, tal que X es imposible o muy difícil acceder epistémicamente en el contexto de la práctica científica.

[7] Por "naturalismo metodológico" entiendo la tesis de que los conceptos utilizables en el contexto de la práctica científica deben referir solo a ítems del mundo natural o físico (existes en el espacio-tiempo), en contraste con conceptos que refieran a ítems sobrenaturales. (Este es el uso de término en: Clark (2016), por ejemplo; ver Papneau (2016) para otros usos de la expresión "naturalismo metodologico").

Unificación y sistematización

Una TGC debiese ayudar a unificar y sistematizar el estudio de la comunicación biológica, por ejemplo, haciendo evidente relaciones y aspectos compartidos entre las distintas interacciones comunicativas, facilitando criterios objetivos para categorizar, clasificar y ordenar conceptualmente los distintos tipos de interacciones comunicativas o las señales involucradas.

Concordancia con la práctica científica

Una adecuada TGC debiese conceptualizar la comunicación de manera tal que se encuentre en concordancia y no en conflicto con la práctica o la metodología científica. Una TGC sería inadecuada si de algún modo implica alguna violación a una regla metodológica, o si propone una regla no cumplida o virtualmente incumplible, o si, por ejemplo, caracterizara la CB esencialmente en términos de una propiedad X, pero X fuese desatendida e irrelevante en la práctica para el modo en cómo los científicos descubren, individúan, clasifican e investigan la CB.

Explicación de las características distintivas de las señales (AID)

En relación a las respuestas que gatillan, las señales son *arbitrarias* o *contingentes*, *desproporcionales energéticamente* e *insuficientes causalmente* (AID). Idealmente una TCG debiese dar cuenta o ayudar a explicar AID en tanto características distintivas de las señales comunicativas.

1.6. Candidatos a TGC: TIC, TEC, TAC, y TDC

En términos muy generales, la comunicación involucra algún *emisor* que de algún modo emite algún tipo de *señal* que de algún modo gatilla algún tipo de cambio en algún *receptor*. La gran mayoría de los investigadores (aunque no todos) están de acuerdo sobre la adecuación del modelo emisor-señal-respuesta (ESR) como una estructura o esquema formal y abstracto para describir a un sistema comunicativo. Consecuentemente, gran parte de los candidatos a TGC difieren en el modo en que desarrollan y dan contenido y detalle a al modelo ESR –y en particular, como adelantamos más arriba, al modo en que entienden la noción de "señal".

Las teorías con mayor aceptación dentro de la comunidad científica pueden dividirse entre aquellas que conceptualizan la CB en términos de *transmisión de información* y aquellas que conceptualizan la CB en términos de *influencia funcional-*

evolutiva (Stegmann, 2013). La teoría informacional de la comunicación (TIC) caracteriza una señal como un rasgo portador de *información*, y entiende la comunicación como un proceso de transmisión de información desde un sistema (emisor) a algún otro sistema (receptor) mediante una señal. La teoría evolutiva-etiológica de la comunicación (TEC) rechaza esta caracterización informacional, y favorecen una conceptualización de la CB donde lo principal es la influencia que un sistema ejerce sobre otro por medio de una señal, esto es, un rasgo favorecido por selección natural en virtud de influenciar a otros organismos.

Además de TIC y TEC, existen otras TGC propuestas en las que el modo en que se entiende la CB no calza perfectamente con este modelo de emisor-señal-receptor. Tal es el caso, por ejemplo, de las teorías autopoiéticas de la comunicación (TAC) o las teorías dinamicistas de la comunicación (TDC), que enfatizan en la dinámica bidireccional de las interacciones comunicativas, y entienden la CB como un tipo de conducta colectiva coordinada resultante de un proceso de influencia mutua y recursiva.

En los capítulos que siguen de esta Tesis se revisarán y analizarán críticamente las TGC mencionadas, exponiendo sus principales virtudes y sus principales problemas. El capítulo 2 está destinado a TIC, el capítulo 3 a TAC y TDC, y el capítulo 4 a TEC. En su conjunto, estos capítulos constituyen la parte analítica y crítica de la investigación. Una segunda parte, más sintética y propositiva en espíritu, emerge en el capítulo 5, donde se presentará una relativamente nueva propuesta: la teoría organizacional de la comunicación biológica (TOC), donde tomando como punto de partida la noción de influencia funcional (propia de TEC), la noción de *función* se entiende en términos de la teoría organizacional de las funciones biológicas, y la noción de *influencia* se elabora en términos de interacciones entre sistemas con una estructura sensorio-motora. En este capítulo 5 se realiza una comparación entre la nueva propuesta (TOC) y las propuestas anteriores (TIC, TAC, TDC, TEC) en relación a los desiderata establecidos en la sección anterior.

2. Teoría informacional de la comunicación

Comunicación como transmisión de información

En la sección 2.1 se introduce la teoría informacional de la comunicación (TIC), según la cual la comunicación biológica (CB) es un tipo de interacción en que una entidad biológica, un emisor, transmite información mediante una señal a alguna otra entidad biológica, un receptor. En la sección 2.2 se establece que "información" puede entenderse como un concepto estadístico (correlación) o como un concepto semántico (contenido representacional). Atendiendo al modo en que los biólogos clasifican y describen fenómenos comunicativos, en la sección 2.3 se argumentará que el concepto relevante en TIC es el concepto de información semántica. En la sección 2.4 se desarrollará más profundamente TIC y la idea de que la CB es un proceso de codificación, transmisión y decodificación de información semántica (contenido representacional), y en la sección 2.5 se examinarán las virtudes y defectos de TIC. Entre sus virtudes destaca su rol en la sistematización y clasificación de las interacciones comunicativas, y su capacidad de explicar características distintivas de las señales (*Desproporcionalidad*, *Insuficiencia*, *Arbitrariedad*). Pero TIC presenta varios problemas conceptuales, extensionales y metodológicos. La sección 2.6 está reversada específicamente para discutir los problemas de TIC que surgen a partir de noción de representación. Aquí se argumentará *in extenso* que la manera tradicional de entender y naturalizar esta noción en el contexto de TIC tiene la consecuencia de restringir su rol explicativo al de *causa última*, lo cual contradice la motivación principal de introducir estados con contenido representacional.

2.1. Introducción: CB como transmisión de información

En términos generales, la comunicación involucra algún emisor, alguna señal, y algún receptor. Las distintas teorías o concepciones de la comunicación biológica difieren en el modo en que desarrollan y dan contenido a este esquema formal y abstracto. De acuerdo a la visión más ampliamente aceptada y difundida sobre la CB, ésta corresponde a un tipo de interacción en que una entidad biológica transmite *información* a otra entidad biológica (Bradbury & Vehrencamp, 1998; 2011; Hauser,

1996): el *emisor* es la entidad que transmite información, *receptor* es la entidad que recibe la información, y la *señal* es aquello mediante lo cual la información es transmitida o vehiculizada (la señal puede ser una estructura, un comportamiento, etc.).

Ahora bien, ¿qué significa "información" en este contexto? La respuesta dista de ser clara, y por tanto, para realmente entender y poder evaluar las teorías informacionales acerca de la comunicación (TIC) debemos antes intentar elucidar el significado de esta noción fundamental: "información".

2.2 "información" en las ciencias biológicas: concepto estadístico vs concepto semántico

Las descripciones y explicaciones en términos de información abundan en biología molecular, biología del desarrollo, neurobiología, ecología y evolución, y en virtualmente todo el resto de la biología. Así, por ejemplo, dentro de un libro de texto de introducción a la biología a nivel universitario, más o menos representativo y tomado más o menos al azar[1], la noción de *información* aparece una y otra vez en relación a distintas clases de fenómenos en distintos niveles de organización:

> "Even the simplest cell is incredibly complex—more intricate than any computer. (...) Cells are the basic unit of life, and they are information-processing machines" (12-14); "Hereditary information, encoded in genes found in the DNA molecule, is passed on from one generation to the next" (15); "All animals except sponges use a network of nerve cells to gather information about the body's condition and the external environment, to process and integrate that information, and to issue commands to the body's muscles and glands" (888) "Many insects, fish, birds, and mammals live in social groups in which information is communicated between group members" (1147).
>
> Raven et al. (2017)

Hay entusiastas que ven la introducción de conceptos informacionales en biología como un avance crucial en esta ciencia (e.g. Williams, 1992); mientras otros

[1] El ejercicio fue el siguiente. Busqué en Google " best most used College Biology textbooks", y seguí el primer resultado sugerido, un Ranking de la comunidad GoodReads (https://www.goodreads.com) con los mejores y más usados libros de texto de biología de nivel universitario, y seleccioné el número 1: "Biology", de Raven et al., cuya décimo primera edición se publicó el 2017.

investigadores señalan los peligros de caracterizar y explicar fenómenos biológicos en términos informacionales, al ser "información" un término confuso, ambiguo y poco claro (e.g. Griffiths, 2001). Por último, hay críticos que consideran casi toda aplicación de conceptos informacionales en biología como "un serio error que distorsiona nuestro entendimiento de los fenómenos biológicos" (e.g. Francis, 2003). Ahora bien, pese al desacuerdo acerca del valor del lenguaje informacional en biología, existe un amplio consenso acerca de los conceptos que habitualmente se significan con el término información: uno es el concepto estadístico de *correlación*, otro es el concepto semántico de contenido *representacional* (Godfrey-Smith & Sterelny, 2016). A continuación se revisarán estos dos conceptos de información, y luego se discutirá su relación con TIC.

2.2.1 Concepto estadístico de información: información como correlación

De acuerdo al concepto estadístico de información, decir que *el ítem A porta o posee cierta información acerca del ítem B* es equivalente a decir que *los estados o propiedades de A están correlacionados en una cierta medida con los estados o propiedades de B*, de modo que es posible predecir con cierto grado de éxito el estado de B (la fuente de información), a partir del estado de A (la señal que porta información), o alternativamente, que el conocimiento de A reduce en cierta medida la incerteza acerca de B.

Este es el sentido de "información" asociado con el trabajo de Claude Shannon (1948) y su Teoría Matemática de la Comunicación (posteriormente llamada Teoría de la Información), donde el término información fue usado en relación a modos de cuantificar hechos acerca de contingencias y correlaciones (Godfrey-Smith & Sterelny, 2016). Para Shanon, cualquier cosa es una *fuente* de información si tiene un rango de estados posibles, y una variable posee, porta o transmite *información* acerca de aquella fuente si sus estados se correlacionan con los de la fuente —mientras los estados de la señal sean mejores predictores de los estados de la fuente, más información acerca de la fuente posee la señal.

Esta noción de información es clara y filosóficamente modesta: no es sino un modo de referir a relaciones estadísticas comunes y corrientes. Su aplicación en biología, en principio, no parece ser problemática. Ocupando el concepto estadístico de información es posible decir, por ejemplo, que el número y tamaño de los anillos del tronco de un árbol portan información acerca de la edad y circunstancias de vida del árbol. La dendrocronología de hecho es la técnica especializada en inferir la edad y

circunstancias de vida de los árboles a partir del examen de los anillos en sus troncos. Ahora bien, *describir en términos informacionales* la relación entre los anillos del árbol y su edad y las características de su ambiente durante su vida, no es lo mismo que intentar *explicar en términos informacionales* aspectos relativos a la vida o crecimiento del árbol: el árbol no explota o usa la información en sus anillos para controlar su crecimiento; es el cronodendrólogo el que utiliza dicha información.

De manera similar, es posible decir que ciertos genes o secuencias de ADN portan información acerca de ciertos rasgos fenotípicos toda vez que aquellas secuencias de ADN están correlacionadas con tales rasgos fenotípicos. Pero, nuevamente, cuando es el concepto estadístico de información el que está en uso, el lenguaje informacional es simplemente un modo de hablar acerca de correlaciones y relaciones estadísticas. Bajo este concepto estadístico de información es legítimo a su vez decir que ciertos elementos no genéticos poseen información acerca de ciertos rasgos fenotípicos si dichos elementos no genéticos, ambientales por ejemplo, están correlacionados con la presencia de tales rasgos fenotípicos —e incluso es legitimo decir que ciertos rasgos fenotípicos portan información acerca de ciertos elementos genéticos, si la observación del fenotipo reduce nuestra incerteza acerca del genotipo.

Sin embargo, algunos investigadores afirman que los genes son las únicas entidades de las cuales es correcto decir que portan información acerca de los rasgos fenotípicos, o que es correcto decir que el ADN tienen información de los rasgos fenotípicos pero no es correcto decir que los rasgos portan información acerca del ADN. Cuando el término "información" se utiliza de esa manera y en el contexto de tales afirmaciones, todo parece indicar que el concepto de información que están utilizando es diferente del concepto estadístico (Griffiths, 2001). Lo mismo sucede en los casos en que "información" se utiliza para fines que van más allá de lo descriptivo o inferencial, sino que se recurre a dicho término con fines *explicativos*, como cuando se afirma que el proceso de desarrollo organísmico involucra la lectura, interpretación, uso y/o expresión de la información contenida en el genoma cigótico. De acuerdo a Kim Sterelny y Peter Godfrey-Smith (2016), la diferencia más importante entre el concepto estadístico de información y otro concepto, que pasaremos a revisar a continuación, el concepto semántico de información, es que es este último pero no el primero el que es invocado para ayudar a *explicar cómo los sistemas biológicos hacen lo que hacen*.

2.2.2 Concepto semántico de información: información como contenido representacional

De acuerdo al concepto semántico de información, decir que *un ítem A posee información acerca de un ítem B* es equivalente a decir que *A se refiere a, representa, significa, es sobre o acerca de B* (Griffits & Sterelny, 1999: Griffiths, 2001; Sterelny & Godfrey-Smith, 2016). *"Intencionalidad"* es el nombre que recibe en la tradición filosófica la *capacidad de ser acerca de* (*aboutness*) o *capacidad de representar* que tienen ciertas cosas. Así, cuando se dice que cierto ítem posee o porta cierta información, y es el concepto semántico de información el que está en uso, equivalentemente es posible hablar del contenido intencional o contenido representacional de dicho ítem.

Si un ítem A representa a otro ítem B, A puede representar correcta o incorrectamente a B. Una proposición puede ser falsa, una creencia puede ser errónea, una teoría puede describir incorrectamente el mundo. La capacidad de representar incorrectamente (*mis-represent*) es una de las marcas distintivas de la intencionalidad (Dretske, 1986). Consecuentemente, la posibilidad de error o incorrección forma parte del concepto semántico de información (Godfrey-Smith, 1989), mientras el concepto estadístico de información carece de esta característica: "no es posible decir que una variable 'porta información falsa' acerca de otra, si estamos usando el término información en el sentido de Shanon" (Sterelny & Godfrey-Smith, 2016). (Además de ser una de las marcas características de la intencionalidad, esta posibilidad de error constituye justamente el aspecto de la intencionalidad que la vuelve un concepto filosóficamente tan conspicuo y problemático, ver Box 2.1).

Box 2.1 Intencionalidad, falsedad y naturalismo

La representación parece ser un tipo de relación diferente de las relaciones que típicamente son referidas en el ámbito de las ciencias naturales, tales como las relaciones causales, espaciales, ancestrales, constitutivas, etc. En estos caso, la verdad de una proposición relacional implica siempre la verdad de una proposición existencial acerca de los *relata*:

- Si es el caso que A causa B, se sigue que es verdad que A y B son ítems que existen o existieron;

- Si es el caso que A está 2 metros a la derecha de B, se sigue que es verdad que A y B son ítems que existen;
- Si es el caso que A es hijo de B, se sigue que es verdad que A y B son ítems que existen o existieron;
- Si a es el caso que A está constituido por B, se sigue tanto A como B existen, etc.

En contraste, esta implicancia no se cumple para las proposiciones que afirman una relación representacional: del hecho que A representa B, no se sigue que A y B son ítems que existen o existieron (en el espacio-tiempo), ya que bien podría ser que B no exista, no obstante A lo representa. Así, por ejemplo, los pensamientos de Lope de Aguirre acerca de El Dorado eran representaciones de algo –una ciudad– inexistente. De manera similar se ha sugerido que algunos animales emiten señales que representan predadores cuando no los hay –es decir, representan *falsamente* la presencia de predadores.

A diferencia de los ítems físicos comunes y corrientes, los estados representacionales poseen *normatividad*. Mientras un ítem paradigmáticamente físico simplemente es o no es; una representación, en cambio, puede ser correcta o incorrecta, verídica o no, precisa o no, es decir, posee *condiciones de corrección*. etc. Y del mismo modo en que se puede representar cosas que no existen, también se puede *representar incorrectamente* (mal-representar) cosas que existen.

La posibilidad de incorrección o error es al mismo teimpo la marca distintiva y característica de la intencionalidad, y la fuente de considerables dificultades filosóficas. El problema es, ¿cómo entender dentro del contexto de una ontología naturalista esta relación de representación, que puede instanciarse entre ciertos ítems del mundo físico y otros ítems del mundo desconectados causalmente del primero, o peor aún, entre ítems del mundo físico e ítems inexistentes dentro del espacio-tiempo? Tal es el problema filosófico de la *naturalización de la intencionalidad*.

En respuesta a este problema, algunos filósofos niegan la realidad de los estados representacionales. Por su parte, quienes creen en la realidad de los estados representacionales intentan resolver el problema elaborando una *teoría naturalista del contenido representacional* (TNCR). En términos operacionales, Neander (2012) describe este proyecto como la tarea de completar la fórmula "R representa o tiene el contenido C porque (en virtud de) _____", sin hacer uso de conceptos intencionales o semánticos, y empleando solo conceptos físicos o naturales. Una TNCR tendrá que cumplir con la exigencia de hacer espacio para y explicar en términos puramente naturales la *normatividad* de los estados representacionales, y en particular, la posibilidad de representación errónea o incorrecta.

2.2.3 Fuente de predicción, inferencia, reducción de incerteza ¿Un tercer concepto de información?

Algunas veces el término información es usado intercambiablemente con aquello que los receptores "conocen", "aprenden" (e.g. Krebs & Dawkins, 1984), "infieren" (e.g. Slocombe & Zuberbühler, 2005) o "predicen" (e.g. Seyfarth, 2010) luego de haber

percibido algún aspecto de su ambiente, una señal o una pista[2]. En este sentido, se dice que un ítem posee o porta información cuando a partir de su ocurrencia algún individuo puede inferir, aprender, predecir o reducir su incerteza acerca de algo. Hay quienes ven aquí un tercer concepto de información, diferente del concepto semántico y del concepto estadístico (e.g. Stegmann, 2013). En contraposición a esto, en esta sección se intentará mostrar que este uso del término información coincide con y es entendible en términos de alguno de los otros conceptos de información ya revisados, el concepto estadístico y el concepto semántico de información.

Este uso de la noción de información es parte del marco conceptual de la "toma de decisiones". Numerosos investigadores en el campo de la biología del comportamiento y ecología evolutiva (e.g. Danchin et al., 2004, Dall et al., 2005, Schmidt et al., 2010, Karban et al., 2018) han establecido como una de las cuestiones centrales el *cómo los organismos proveen, adquieren, procesan y usan información para la toma de decisiones en la resolución de diversas clases der problemas* —encontrar alimento, seleccionar hábitats, evitar predadores, invertir y distribuir recursos parentales y reproductivos, navegar y orientarse en el espacio, etc. La idea es más o menos la siguiente: en cada situación determinada un organismo tiene distintas alternativas conductuales posibles. Estas alternativas, a su vez, pueden ser mejores o peores en relación a las consecuencias que tienen para el *fitness del organismo* (sus probabilidades objetivas de sobrevivir y reproducirse). Cuando esto se cumple, un organismo debe "tomar una decisión", es decir, tiene que seleccionar y actualizar uno de todos los cursos de acción posibles. Un animal que está forrajeando en un determinado lugar, por ejemplo, puede continuar forrajeando en dicho lugar, o puede desplazarse a otro lugar que puede contener más cantidad o calidad de alimento, o menos, o la misma. Cuando el organismo "no lo sabe", o se encuentra en una situación de relativa incerteza, puede "evaluar" la situación con la ayuda de ciertos ítems ambientales que le permiten *inferir*, *predecir* o *reducir su incerteza* acerca de ciertas condiciones, aumentando sus probabilidades de tomar una mejor decisión (de seleccionar y actualizar una conducta que le reporte mayores chances de sobrevida y reproducción). Estos ítems ambientales portan información acerca de la condición cuya incerteza ayudan a reducir.

[2] Como se verá más adelante, en los estudios acerca de CB suelen distinguirse dos clases de elementos que portan y transmiten información: las *señales* (*signals*) y las *pistas* (*cues*). Como un adelanto: si bien ambos elementos portan y transmiten información, la diferencia radica en que solo las señales tienen la *función* de transmitir información.

El marco conceptual de la *toma de decisiones* se ha utilizado para describir un sin número de conductas descubiertas en distintas clases de animales. Por ejemplo, se ha descubierto que la cantidad de alimento ingerido y el tiempo tardado en encontrarlo en diferentes lugares es tomado en cuenta (influye) en la decisión de dónde, cómo y por cuánto tiempo forrajear (Stephens et al., 1987). También se sabe que las decisiones relativas a la búsqueda de pareja y apareamiento por parte de las hembras están sensiblemente afectadas por la cantidad y distribución de machos presentes en cierta región así como por la detección de elementos que se correlacionan en alta medida con su fitness (Mazalov, 1996). Similarmente, se ha demostrado que en contextos competitivos y potencialmente agresivos las decisiones conductuales están afectadas por la detección de rasgos en el oponente que se correlacionan con su fuerza, resistencia o capacidad de lucha (Clutton-Brock & Albon, 1979; Reby et al., 2005), etc.

Ahora bien, el marco conceptual de "toma de decisiones" no se restringe solo ni principalmente a animales, sino que es usado para caracterizar, describir y explicar la conducta de virtualmente todos los organismos, incluidos los unicelulares (Perkins & Swain, 2009). En esta línea, por ejemplo Karban & Orrock (2018) sugieren aplicar este marco al estudio de las plantas:

> "[…] plants, like animals, engage in many activities that can be considered as behaviors, although plant biologists currently lack a conceptual framework to understand these processes. Borrowing the well-established framework developed by psychologists, we propose that plant behaviors can be constructively modeled by identifying four distinct components: (1) a cue or stimulus that provides information, (2) a judgment whereby the plant perceives and processes this informative cue, (3) a decision whereby the plant chooses among several options based on their relative costs and benefits, and (4) action."

Teniendo esto último en consideración, es preciso notar que todo este lenguaje de organismos "resolviendo problemas", "reduciendo su incerteza", "evaluando alternativas" y "tomando de decisiones" puede interpretarse, gruesamente, de dos maneras: como un compromiso con estados representacionales (interpretación cognitivista), o sin un compromiso con estados representacionales (interpretación no-cognitivista). A continuación revisaremos ambas posibles interpretación con el fin evaluar si bajo alguna de ellas se utiliza un tercer concepto de información, distinto del concepto estadístico y del concepto semántico.

2.2.3.1 Interpretación cognitivista

Describir y explicar la conducta de los individuos con términos tales como inferencia, conocimiento, aprendizaje, predicción, reducción de incerteza, evaluación o toma de decisiones, *prima facie* parece implicar la atribución de ciertas facultades cognitivas y poderes representacionales a los organismos en cuestión.

Bajo esta interpretación cognitivista, los organismos proceden construyendo representaciones acerca de diversos aspectos de su ambiente (estados internos que son acerca de otras cosas), y utilizan estas representaciones (estos estados internos) como base para la acción en dicho ambiente. El proceso de "evaluación", en esta interpretación, correspondería a algún tipo de manipulación computacional de estas representaciones. Dado que estas representaciones pueden ser correctas o incorrectas, las acciones "exitosas" de un organismo pueden explicarse aludiendo a representaciones correctas mientras las acciones "fallidas" pueden explicarse en términos de representaciones incorrectas o falsas.

El uso de "información" que estamos examinando, recordemos, es aquel según el cual un ítem posee o porta información *si es que a partir de su ocurrencia algún individuo puede inferir, aprender, predecir o reducir su incerteza acerca de algo*. En el contexto de una interpretación cognitivista, las nociones de "aprendizaje", "predicción", "reducción de certeza/incerteza" acerca de algo se entienden en términos de la formación de representaciones o estados internos con contenido representacional (e.g. creencias). Por ello, explicitado este contexto, la idea sería que *un ítem posee o porta información si es que a partir de su ocurrencia algún individuo puede construir alguna representación del ambiente*. Una interpretación cognitivista diría que un ciervo es capaz de construir una representación acerca de la habilidad de lucha de un ciervo rival a partir de la frecuencia de sus gruñidos (Clutton-Brock & Albon, 1979), tal como un una persona puede inferir que hay un incendio en la ciudad a partir de la gran columna de humo que observa en el cielo, o como a partir de los anillos en la corteza de un árbol un dendrocronólogo puede llegar a conocer (formarse representaciones mentales verdaderas acerca de…) la edad de dicho árbol.

Lo común a todos eso casos es que la presencia de un ítem A posibilita en un organismo la formación de un estado representacional R acerca de cierta condición B, precisamente porque A está en cierta medida correlacionado con B (hay correlación entre la cantidad de anillos y la edad que tiene un árbol, entre la presencia columnas de humo y la ocurrencia de incendios, y entre la frecuencia de un gruñido y la habilidad

competitiva de un ciervo. En este esquema cognitivista están en juego ambos conceptos de información revisados arriba. Por un lado, el estado interno R tiene *información semántica* (contenido representacional) acerca de la condición B. En contraste, el ítem ambiental A solo tiene *información estadística* en relación a B. Mientras un estado interno R puede tener información falsa, incorrecta, un ítem ambiental A simplemente está correlacionado o no, en una cierta medida, con cierta condición B, pero no puede tener información falsa acerca de B. Por tanto, incluso bajo una interpretación cognitivista, el concepto de información que caracteriza a aquellos ítems ambientales que los organismos consideran en su toma de decisiones sigue siendo el concepto estadístico de información.

Al menos así ocurre la gran mayoría de los casos… En efecto, hay casos en que un organismo construye estados representacionales internos acerca de cierta condición en base a ítems que tienen información semántica. Por ejemplo, un ser humano puede formar ciertas representaciones acerca de Donostia (y reducir su incerteza acerca de tal bella ciudad, etc.) a partir de la lectura de una guía turística de Donostia. En este caso especial, el ítem ambiental externo en base al cual el sujete puede formar sus representaciones mentales tiene información semántica: la guía turística posee información semántica sobre (es decir, representa) Donostia. El dendrocronólogo forma representaciones mentales sobre la edad del árbol atendiendo a los anillos del árbol, que solo poseen información estadística sobre (están correlacionados con) la edad del árbol, él no accede al contenido representacional del los anillos del árbol, pues no hay tal contenido. En contraste, el turista forma representaciones mentales sobre Donostia accediendo a la información semántica (contenido representacional) de la guía. En ciertas situaciones un individuo puede formar estados representacionales a partir de correlaciones, en otras situaciones algunos individuos pueden formar representaciones a partir de ítems que en sí ya poseen contenido representacional.[3]

Como vimos en el capítulo 1, en los monos Verbet (*Chlorocebus aethiops*) existen tres tipos de llamadas con diferentes propiedades acústicas que se emiten en presencia de tres tipos distintos de predadores: leopardos, agilas, y serpientes, y los receptores responden diferentemente a las diferentes llamadas, de maneras apropiadas para cada tipo de predador. Por ejemplo, al escuchar la llamada de águilas, la respuesta consiste en esconderse en arbustos, o al escuchar la llamada de alarma de serpientes, la respuesta consiste en inspeccionar el suelo (Seyfarth, Cheney & Marler, 1980). De

[3] Obviaré por el momento la diferencia entre *intencionalidad intrínseca* e *intencionalidad derivada*.

acuerdo a la interpretación cognitivista, el comportamiento de los receptores está causado por y se explica en términos de las representaciones mentales que dichos receptores formaron a partir de las señales acústicas. ¿Qué tipo de información tienen estas señales? ¿Información estadística, semántica, ambas? ¿Un tercer tipo de información?

Pues bien, este fenómeno puede interpretarse en términos de dos posibilidades alternativas. Una posibilidad es que los receptores formen representaciones de (reduzcan su incerteza sobre) predadores a partir de vocalizaciones, ya que estas vocalizaciones simplemente se correlacionan con la presencia de predadores. Es decir, una posibilidad es que las señales solo porten información estadística acerca de la presencia de predadores —el esquema sería similar al del ciervo que forma representaciones sobre la habilidad competitiva de su rival a partir de la frecuencia de sus gruñidos. Otra posibilidad es que los receptores formen representaciones de predadores a partir de vocalizaciones que (no solo se correlacionan con la presencia de predadores, sino que) en sí ya representan (poseen contenido representacional) acerca de predadores. El receptor, en este caso, forma su representación accediendo al contenido representacional que la señal posee.

En ambas posibilidades de explicación cognitivista es posible decir que *las señales portan información* que el organismo utiliza para reducir su incerteza (construir representaciones) y tomar decisiones, pero en el primer caso las señales tienen información solo en el sentido estadístico, mientras en el segundo las señales tienen información además en sentido semántico. De cualquier modo, sea cual sea la opción que se favorezca dentro del marco cognitivista, cada vez que se utiliza la noción de información para referir a ciertos ítems que los organismos utilizan en su evaluación y toma de decisiones, el uso de "información" corresponde o bien al concepto estadístico, o bien al concepto semántico, pero no a un tercer concepto de información.

2.2.3.2 Interpretación no-cognitivista

Otra posibilidad de interpretar las descripciones y explicaciones en términos de organismos "resolviendo problemas", "reduciendo su incerteza", "evaluando alternativas" y "tomando de decisiones", es como siendo neutrales acerca de la psicología de los receptores. Una perspectiva neutral acerca de la psicología de los receptores no se compromete con la existencia de estados con contenido representacional, y por tanto, es en principio compatible con explicaciones alternativas. Bajo una alternativa no cognitivista, por ejemplo, la noción de "aprendizaje" podría

entenderse no como el proceso de adquisición de representaciones verídicas, sino como un proceso de consolidación de asociaciones entre la discriminación de ciertos estímulos y la ocurrencia de ciertas respuesta; similarmente la noción de "predicción" podría entenderse en términos de la modificación de las probabilidades de llevar a cabo ciertas conductas dada la presencia de ciertos ítems, sin postular estados representacionales como variables intermedias (Danchin et al., 2004). Del mismo modo, hablar de "inferencias a partir de señales" sería una manera abreviada de referir a disposiciones conductuales condicionales entre estímulo y respuesta fijadas en la ontogenia o fijadas en la filogenia (Krebs & Dawkins, 1984; Smith, 1997).

De acuerdo a la interpretación no-cognitivista, afirmar que "un organismo O utiliza la información del ítem ambiental A para reducir su incerteza y tomar decisiones en relación a una condición B" es equivalente a afirmar que "O posee un mecanismo que asocia la discriminación sensorial del estímulo A con la selección, activación o probabilizaión de ciertas conductas relativas a B que resultan apropiadas (aumentan el fitness de O)". Estos mecanismos pueden operar a escala individual, ontogénica y ser relativamente flexibles (aprendizaje), o bien a escala poblacional, filogenética y ser relativamente rígidos (selección natural), y en cualquier caso, no involucran necesariamente (aunque tampoco excluye necesariamente) una maquinaria cognitiva sofisticada que opera en base a estados con contenido representacional (Dall, 2005).

Ahora bien, un mecanismo de asociación de este tipo gatillará conductas apropiadas (que aumentan el fitness) en la medida en que los ítems discriminados estén correlacionados suficientemente con aquellas propiedades de la situación en relación a la cual la conducta gatillada resulta exitosa. Es decir, la explotabilidad de un ítem A para la "evaluación y toma de decisiones" por parte de los organismos en relación a una condición B, depende de la información estadística que A tiene en relación a B. Así, en el contexto de una interpretación no-cognitivista, cuando se dice que "un organismo O utiliza la información del ítem ambiental A para reducir su incerteza y tomar decisiones en relación a una condición B", el concepto de información que se está utilizando es el concepto estadístico de información.

2.2.3.3 En resumen: no es necesario un *tercer concepto de información*

Las descripciones de los organismos en términos de inferencias, predicciones, toma de decisiones, etc., tan en boga hoy en día en distintas áreas de la biología, pueden interpretarse de dos maneras: cognitivistamente y no-cognitivistamente. Bajo la interpretación cognitivista, cuando se dice que un organismo O "utiliza la información

del ítem ambiental A" para reducir su incerteza y tomar decisiones en relación a una condición B, el término "información" en algunos casos corresponde al concepto estadístico de información (el organismo forma una representación a partir de una señal, pero la señal no representa, solo se correlaciona con otras cosas), y en otros corresponde al concepto semántico de información (el organismo forma una representación a partir de una señal que en sí ya posee contenido representacional). Por otra parte, bajo la interpretación no cognitivista, al decir que un organismo O "utiliza la información del ítem ambiental A" para reducir su incerteza y tomar decisiones en relación a una condición B, el término "información" corresponde al concepto estadístico de información. Así, sea como sea que interpretemos este modo de hablar acerca de los organismos, no parece necesario introducir un nuevo concepto de información, como algunos autores han sugerido (cf. Stegmann, 2013).

2.3. Comunicación como transmisión de información: ¿concepto estadístico o semántico de información?

Aclarado que en el contexto de las ciencias biológicas el término "información" puede corresponder al concepto estadístico de información, o al concepto semántico de información, es preciso preguntarnos ¿cuál es el concepto de información que se está utilizando en TIC, donde la comunicación se entiende como un tipo de interacción en que una entidad biológica transmite *información* a otra entidad biológica mediante una señal?

2.3.1 Significado y clasificación de señales: *información acerca de*

Como señala McAninch y colaboradores, en algunas líneas de investigación sobre la CB es posible constatar un "interés en asignar significados específicos a las vocalizaciones y otras señales de los animales no humanos"(McAninch et al., 2009: 137). Las señales acústicas de diversos tipos de mamíferos y aves, por ejemplo, son regularmente estudiadas con ayuda de experimentos de playback, entre otras herramientas, con el fin explicito de determinar el significado o la referencia de estas señales[4]. Así, se afirma que en variadas especies de aves y primates existen señales que

[4] En estos estudios, de campo y laboratorio, suele asumirse que una señal refiere a cierto ítem del ambiente cuando i) se emite un único tipo de señal ante un tipo específico de ítmes (por ejemplo, un tipo específico de predador); y ii) aquella señal, aislada del contexto (reproducida desde un parlante, por ejemplo, y sin la presencia del predador), gatilla en el receptor una respuesta similar a la respuesta producida por un encuentro con el ítem en cuestión (Macedonia & Evans 1993: 177).

refieren a distintos tipos de comida (Di Bitetti, 2003, Evans & Evans, 1999) y distintos tipos de predadores (Slobodchikoff et al., 1986, Seyfarth et al., 1980, Fichtel & Kappeler, 2002). El hecho de que la pregunta por el *significado* de las señales figure prominentemente en estas investigaciones sobre CB puede ser tomado como indicio de que el concepto de información relevante en relación a la comunicación es el concepto semántico de información.

Además, el concepto semántico de información pareciera estar a la base de las prácticas de clasificación de señales en diferentes estudios de CB. Los investigadores usualmente clasifican las diversas señales de acuerdo a su contenido informacional, distinguiendo, por ejemplo, *señales de alarma anti-predatorias* que informan acerca de la presencia de predadores, *food calls* o señales que informan de la presencia de comida, señales de cortejo y llamados de pareja, señales de amenaza, etc. En términos más generales, en los estudios de comunicación animal, por ejemplo, se distinguen dos grandes clases de señales: *self-reporting signals*, es decir, señales que portan información acerca de algún aspecto del emisor, y *other-reporting signals*, es decir, señales que portan información del algún aspecto no relativo al emisor (Maynard Smith and Harper, 1995). Ejemplo de las primeras son los rugidos de ciervos machos, que informan acerca de la habilidad de lucha, o las manchas de plumaje negro en el cuello y el pecho del chingolo de Harris (*Zonotrichia querula*), cuyo tamaño varía entre los distintos individuos y se correlaciona con la dominancia social del individuo (es una "insignia de estatus") (Wiley, 1983). El clásico ejemplo de las segundas es el sistema de llamados de alarma de monos Vervet constituido por tres distintos tipos de señales acústicas producidas en presencia de tres tipos de predadores y asociada a tres tipos de respuesta (Seyfarth et al., 1980).

En principio, parece ser que es el concepto semántico de información en torno al cual se articulan las investigaciones sobre el significado de las señales y las prácticas de clasificación de señales. A no ser, claro, que las nociones de "significado" o "contenido" de las señales que utilizan tales prácticas puedan interpretarse en términos puramente estadísticos, no semánticos o representacionales. Quizá cuando el biólogo se pregunta por el "significado de tal o cual señal", el término "significado" corresponde a la noción Griceana de *significado natural*, que coincide perfectamente con el concepto de información estadística (Sterelny & Godfrey-Smith, 2016): X *significa naturalmente* Y si a partir del estado de X es posible inferir o reducir la incerteza acerca del estado de Y, lo cual a su vez es posible si los estados de X e Y están correlacionados (y/o vinculados por algún tipo de conexión causal, directa o indirecta). Y del mismo modo, podría

pensarse que la categorización de señales de acuerdo a su contenido informacional solo requiere del concepto estadístico de información: la señal X se clasifica como una alarma anti-predatoria porque la ocurrencia de X se correlaciona en alta medida con la presencia de predadores, la señal Y se clasifica como una llamada de alimento porque la ocurrencia de X se correlaciona en alta medida con el hallazgo de alimento, etc.

En sintonía con esta visión —según la cual es el concepto de información estadística aquel en torno al cual se articula TIC— Searcy & Nowicki (S&N, 2005) proponen definir la noción de *señales fiables* (*reliable signals*). En su primera aproximación, ellos caracterizan a esta noción del siguiente modo:

> An animal signal, then, would be reliable if one could have confidence in its veracity, or truthfulness—if, that is, one could trust the signal to convey whatever it is supposed to convey.
>
> (S&N, 2005: 3)

La cuestión aquí es cómo entender qué es aquello que una señal "se supone que señale", es decir, cómo entender e individuar el "contenido" de una señal. La estrategia que siguen es definir el contenido de una señal en términos de aquellas condiciones o atributos con las cuales la señal se "correlaciona consistentemente":

> A signal is reliable if: 1. Some characteristic of the signal (including, perhaps, its presence/absence) is consistently correlated with some attribute of the signaler or its environment; and 2. Receivers benefit from having information about this attribute.
>
> (S&N, 2005: 3).

Así, de acuerdo a S&N el contenido de una señal y la confiabilidad de una señal pueden entenderse en términos de la información estadística de la señal, es decir, en términos del grado de correlación que la señal guarda con cierta condición o atributo. Sin embargo, esta estrategia se enfrenta con el problema de definir precisamente qué significa que las señales estén "consistentemente correlacionadas" con algún atributo del emisor o de su amiente, puesto que:

> We can never expect a perfect correlation between signal characteristic and the attribute being signaled. Even if signalers are striving for perfect honesty, errors must be expected in the production of the signal and in our measurements of it, either of which would prevent our observing perfect reliability.

(S&N, 2005: 3-4).

Entonces, ¿cuán grande debe ser la correlación para concluir que la señal es confiable? La respuesta que ellos dan se basa en el concepto señales *honestas en promedio* (*honest on average*):

> A signal can be considered honest on average if it contains enough information, sufficiently often, that the receiver on average is better off assessing the signal than ignoring it.
>
> (S&N, 2005: 4).

Es decir, suponiendo que hay dos posibles estados del receptor, un estado donde el receptor ignora o desatiende la señal y otro estado donde el receptor atiende y responde a la señal, la idea es que podemos hablar de señales fiables u *honestas en promedio* cuando la selección natural favorece que los receptores atiendan la señal.

Sin embargo, aquí parece haber un problema. El beneficio evolutivo de responder a la señal no está determinado por cuán consistentemente la señal está correlacionada con el aspecto del mundo ante el cual la respuesta a la señal es ventajosa (el mero grado de correlación); sino también por *los valores de fitness* involucrados en las respuestas.

Sea S la señal, C la condición ante la cual la respuesta R es ventajosa evolutivamente, y P(C|S) la probabilidad condicional de C dado que S, es decir, el grado de correlación entre la señal S y la condición C. El que la respuesta R ante la presencia de S sea o no favorecida por selección natural depende tanto del valor de P(C|S) como de:

- el beneficio B para el receptor de responder con R cuando ocurre C
- el perjuicio P para el receptor de no responder con R cuando ocurre C
- el perjuicio P' para el receptor de responder con R cuando no ocurre C
- el beneficio B' de no responder con R cuando no ocurre C

$$B \times P \times P(C|S) > P' \times B' \times (1 - P(C|S))$$

Esta inecuación se puede cumplir fácilmente si el valor de P(C|S) es muy alto, es decir, de si hay un alto nivel de correlación entre la presencia de S y la ocurrencia de C. Pero esta inecuación también puede cumplirse si el valor de P(C|S) es muy bajo pero el valor de B (responder con R cuando ocurre C) y/o el valor de P (no responder con R cuando ocurre C) resulta más alto que los valores de P' (responder con R cuando no ocurre C) y B' (no responder con R cuando no ocurre C).

Supongamos que C es la presencia de un depredador muy peligroso, y R la respuesta de huida. El beneficio B de huir cuando de hecho hay un predador puede ser mucho mayor que el perjuicio P' de huir cuando no hay un depredador (hay un costo o perjuicio si se abandona una fuente de comida, pero el perjuicio no sería tan grande si la comida no es tan difícil de encontrar). Similarmente, el costo P de no huir cuando sí hay un predador puede ser mucho mayor al beneficio B' de no huir de la fuente de comida cuando de hecho no hay un predador. En un caso como este, lo más conveniente es huir (R) cada vez que se perciba la señal S incuso si la mayoría de las veces que se emite la señal S de hecho no hay un depredador: $P(C|S) < 0.5$.

Lo interesante es que en este escenario, según la definición de S&N (2005), la señal S debe entenderse como una *señal confiable acerca de C*, pese al hecho de que S no se correlaciona en alta medida con C, es decir, S no tiene mucha información estadística acerca de C (cuando un organismo emite la señal S, lo más probable es que no ocurra la condición C). Es decir, la especificación del significado o contenido de una señal (el establecer, en este caso que la señal S *significa* o *es acerca de C*) no se agota en ni reduce a un examen de las relaciones estadísticas que la ocurrencia de la señal tiene con distintos aspectos del mundo. Por tanto, no es el concepto estadístico el concepto de información relevante para establecer el significado o clasificar a las señales. Si puede decirse que el significado de una señal es X y clasificarse en virtud de poseer y transmitir información acerca de X, pese a que dicha señal pueda correlacionarse mínimamente con X (y en cambio máximamente con no-X, sin que la señal *signifique no-X*), entonces debe concluirse que el concepto de significado e información en juego es el semántico, no el estadístico.

2.3.2 *Engaño:* señales con información falsa

Los biólogos caracterizan muchos fenómenos comunicacionales (en animales, plantas, hongos, etc.) como casos de *engaño* (*deception*), donde lo que está en juego es la emisión de señales que portan "información falsa", que "representan incorrectamente" algún aspecto del mundo (Munn, 1986), que indican "una situación que no está ocurriendo en la realidad" (Semple & McComb, 1996: 434) o que hacen que el receptor "reaccione ante una condición que no existe" (Christy y Dan Rittschof, 2010: 313).

Dentro de la literatura se distingue la noción de *engaño intencional*, en que el emisor posee intenciones o deseos de que el receptor forme una representación falsa, de la noción menos demandante de *engaño funcional*, "que requiere solo que un emisor

se beneficie de romper la correlación usual entre una característica de la señal y un atributo del emisor o su ambiente, sin especificar nada acerca de procesos cognitivos" (S&N, 2005: 219).

Casos de "engaño" en que los emisores emiten señales falsas ocurren, por ejemplo, en monos capuchinos (*Cebus apella nigritus*) donde algunos individuos de bajo rango emiten señales de alarma anti-predatorias en ausencia de predadores, de manera que los individuos dominantes (receptores) se distraen y ellos así pueden acceder a más recursos (Wheeler, 2009). Similarmente, en las aves paseriformes como el carbonero común (*Parus major*) o la tangara aliblanca (*Lanio versicolor*) se emiten señales de alarma en ausencia de predadores y en circunstancias en que el emisor se beneficia de la respuesta de huida de sus competidores al alejarse de las fuentes de comida (Møller, 1988; Munn, 1986). En la golondrina común (*Hirundo rustica*) y la ardilla de Pallas (*Callosciurus erythraeus*) se dan falsas alarmas en que los emisores se benefician de provocar la huida de sus competidores sexuales (Møller, 1990; Tamura, 1995). Un caso de "engaño" que ocurre en el contexto de interacciones agresivas se observa en crustáceos, como cuando un cangrejo violinista que perdió sus tenazas usa tenazas regeneradas —que lucen muy similar, pero son mucho más débiles— en la señalización amenaza y ahuyenta a sus rivales (Wilson and Angiletta, 2015). Un caso de engaño inter-específico se da en insectos, donde luciérnagas del género *Photorious* emiten patrones lumínicos que imitan las señales reproductivas de las luciérnagas hembras del género *Photinus*, lo que les permite atraer y comerse a los machos de este género (Lloyd, 1975).

Sea que se trate de engaño intencional o engaño funcional, en cualquiera de estas situaciones la noción de "información falsa" que portan las señales no se corresponde con el concepto estadístico, sino que con el concepto semántico de información. En efecto, como se adelantó en la revisión del concepto semántico, la *capacidad de error*, de *representar incorrectamente* o de *ser acerca de algo que no existe* es una de las marcas distintivas de la intencionalidad. En contraste, el concepto estadístico de información carece de esta característica: "no es posible decir que una variable 'porta información falsa' acerca de otra, si estamos usando el término información en el sentido de Shanon" (Sterelny & Godfrey-Smith, 2016).

Al caracterizar a las señales falsas o engañosas como aquellas que "*rompen la correlación usual* entre una característica de la señal y un atributo del emisor o su ambiente" (Searcy & Nowicki, 2005: 219), podría pensarse que la noción de "engaño" e

"información falsa" es entendible sin involucrar la noción de contenido representacional, sino que simplemente en términos de correlaciones (información estadística). Sin embargo, cuando se habla de "engaño" e "información falsa" no se habla solo ni principalmente de correlaciones. Por un lado, ciertas vocalizaciones se categorizan como "señales de alarma anti-predatoria", pero por otro lado, tanto en el caso del carbonero común como en el caso de la tangara aliblanca se han estimado las frecuencias relativas de las alarmas "falsas" (aquellas donde no hay predadores) y las "verdaderas" (aquellas donde sí hay predadores), y en ambos casos las falsas alarmas son más frecuentes que las alarmas verdaderas (Searcy & Nowicki, 2005: 220-21). Ahora bien, si estas señales se correlacionan en mayor medida con la ausencia de predadores que con la presencia de predadores, en términos del concepto estadístico de información debe decirse que tales señales tienen *información acerca de la ausencia de predadores*, no de la presencia de predadores. Pero contrario a esto, estas señales se clasifican como alarmas anti-predatorias, es decir, como señales que portan la *información acerca de la presencia de predadores*, y se las especifica como falsas alarmas justamente porque son señales que *transmiten la información de que hay predadores cuando no los hay* —Christy & Rittschof (2010:313) definen la noción de engaño explícitamente como aquella en que "un organismo causa que otro organismo responda a una condición que no existe"). Esta discordancia entre aquello con cuya presencia la emisión de la señal se correlaciona, y aquello acerca de lo cual la señal porta información, revela que la noción de información en juego corresponde no al concepto estadístico, sino al concepto semántico de información.

2.4. Comunicación como transmisión de información *semántica*

De acuerdo al análisis precedente, cuando se dice que las señales poseen significado o contenido informacional, cuando se propone clasificar a las señales acorde a la información que portan, y cuando se describen a ciertas señales como conteniendo información falsa, en todos estos casos, el concepto de información en juego es el concepto semántico, de modo que "información" se entiende como contenido representacional. Por tanto, la formulación general y abstracta con la que comenzamos este capítulo puede precisarse un poco más:

> la CB es un tipo de interacción en que una entidad biológica (emisor) transmite *información semántica* mediante una señal a otra entidad biológica (receptor).

A su vez, esta formulación de TIC, donde la CB se entiende como un proceso transmisión de información semántica, puede desarrollarse algo más al introducirse los procesos de *codificación* de contenido en la señal por parte del emisor, y de *decodificación* del contenido en la señal por parte de receptor. En su clásico artículo *The Analysis of Animal Communication*, Green y Marler lo explican así:

> "During such encoding and decoding, the carrier of the information and the format of the information undergo many transformations. Starting with the original designatum or referent, information passes through a series of steps internal to the signaling animal before effecting a change of state of the signaling organ. A signal is then propagated in a medium. Further steps follow, from transmitted signal to receptor organs of a recipient, from sensory to central processing, and eventually to a recipient's overt or covert response."
>
> (Green & Marler, 1979:73)

Como algunos autores sostienen, la introducción de los conceptos de *codificación* y *decodificación* permite entender la CB como un proceso mediado por "reglas" (Wiley, 1983) y estas transformaciones secuenciales que operan sobre el contenido informacional, a su vez, pueden entenderse en términos de procesos computacionales operando sobre símbolos o representaciones. De este modo, emerge una manera de entender y conceptualizar las interacciones comunicativas en estrecha relación con el paradigma dominante en las ciencias de la mente y la conducta, a saber: el cognitivismo.

2.4.1 Cognitivismo y aproximación informacional a la CB

De acuerdo a TIC, la CB es un proceso de transmisión de información semántica (es decir, contenido representacional) codificada en una señal, entre un emisor que emite la señal y receptor que recibe la señal y decodifica su contenido. Diferentes investigadores han señalado que este modo de conceptualizar la CB se encuentra en perfecta sintonía con la revolución cognitivista que tuvo lugar en el ámbito de las ciencias de la conducta alrededor de la década del los 50s y 60s (Seyfarth et al., 2010: 3-4; Stegmann, 2013: 21; Allen & Hauser, 1992; Owrewn & Rendall, 2013). En esta "revolución", el *conductismo*, paradigma que se caracterizó por "el énfasis en los eventos externos y la correspondiente reluctancia a especular acerca de los procesos que ocurren dentro del organismo" (Mazur, 1998: 11), eventualmente fue desplazado por el *cognitivismo*, un paradigma que propone explicar la conducta en términos de

estados representacionales internos[5]. Sarah Shettleworth y Leslie Real, dos expertas en comportamiento animal, describen al cognitivismo de esta manera:

> "Radical behaviourism is devoted to describing the control of behaviour by the environment. In contrast, cognitive psychology is usually said to assume that subjects have mental representations that play a causal role in behaviour".
>
> (Shettleworth, 2001: 278-279)

> "A cognitive approach to the analysis of animal behavior is characterized by the recognition of three fundamental processes: encoding, computation, and representation [...] Information from the environment is translated through the senses into an encoded form that can be manipulated and/or stored through various mental operations. These mental operations, characterized by different computational schemes, generate different representations of the environment"
>
> (Real, 1994: 100)

En resumen, en contraste con la aproximación conductista, el cognitivismo introduce representaciones (estados con contenido representacional o información semántica) como *causas de la conducta*, y más precisamente, propone explicar la conducta en términos de la manipulación simbólica o computacional de representaciones.

Es importante notar que esta manera de entender y conceptualizar la conducta no se restringe necesariamente al caso de aquellos animales que demuestran capacidades cognitivas excepcionales o de alto orden, sino que puede ser adoptada como un marco teórico para explicar la conducta de los sistemas biológicos en general, desde seres humanos hasta organismos unicelulares. Así, por ejemplo, en el contexto de la biología celular encontramos propuestas de carácter cognitivista según las cuales diversos fenómenos intracelulares deben ser caracterizados en términos semánticos-representacionales:

> "If even simple organisms, such as cells, must be capable of information processing, this directly implies that they must be able to internally

[5] Cf. Ramsey (2007:233): "The rise of cognitivism is often regarded as nothing short of a Kuhnian revolution, with cognitive representations playing the leading role in defining the new paradigm."

> assign meanings to signals by which they process information. In short, cells are semantic systems."
>
> (Görlich et al., 2011: 914).

Similarmente, en el ámbito de la filosofía, algunos autores cognitivistas como Fred Dretske (1986, 1988) o Ruth Millikan (1993) han desarrollado conceptos de representación y contenido representacional que permitan la adscripción de estados representacionales a sistemas biológicos extremadamente simples, tales como bacterias.

2.4.2 Reglas de comunicación: codificación y decodificación de contenido representacional

En sintonía con el cognitivismo, la conceptualización de la CB como un proceso de transmisión de información puede ser especificada en términos explícitamente representacionales. Johnson-Laird (1990), por ejemplo, describe de esta manera el proceso de comunicación:

> "the communicator construct an internal representation of the external world, and then (...) carry out some symbolic behaviour that conveys the content of that representation. The recipient must first perceive the symbolic behaviour, i.e. construct its internal representation and then from it recover a further internal representation of the state that it signifies. This final step depends on access to the arbitrary conventions governing the interpretation of the symbolic behaviour"
>
> (Johnson-Laird, 1990: 2-4).

En la comunicación, las representaciones internas del emisor son hechas accesibles para el receptor. La comunicación permite que el receptor acceda a cierto contenido representacional, a cierto modo de representar el mundo. Ahora bien, ¿qué significa esta última afirmación de Johnson-Laird, de que el acceso al contenido representacional contenido en la señal "depende del acceso a las convenciones arbitrarias que gobiernan la interpretación del comportamiento simbólico"? Desde luego, estas "convenciones arbitrarias" no refieren a alguna especie de acuerdo consciente por parte de los individuos participantes de la comunicación. Más bien, estas "convenciones arbitrarias" se corresponden con lo que el biólogo Haven Willey denomina "reglas de comunicación", es decir, el conjunto de las relaciones de codificación y decodificación que gobiernan o determinan el proceso de comunicación:

> Rules for encoding and decoding have a central place in communication for the basic reason that signals do not provide the power to produce responses directly. Every signal influences the behaviour of a receiver as a result of neuronal decoding mechanisms in the receiver that associate the stimulus of a signal with responses or changes in internal state. The encoding of a signal similarly results from mechanisms in the sender that associate internal states with actions or external changes that produce signals.
>
> (Willey, 1983: 187).

Reuniendo todos estos elementos, ahora si es posible proveer una definición más detallada del concepto de comunicación tal como es entendido en TIC. Ocurre CB si y solo si:

> i) un individuo (el emisor), mediante ciertos mecanismos de codificación, traduce ciertas representaciones internas en ciertas conductas o cambios externos de algún tipo (señal); y
>
> ii) estos cambios externos son percibidos por otro individuo (el receptor), que, mediante ciertos mecanismos de decodificación, los traduce a ciertas representaciones internas, que al integrarse al proceso de manipulación simbólica, afectan su conducta (manifiesta o disposicional).

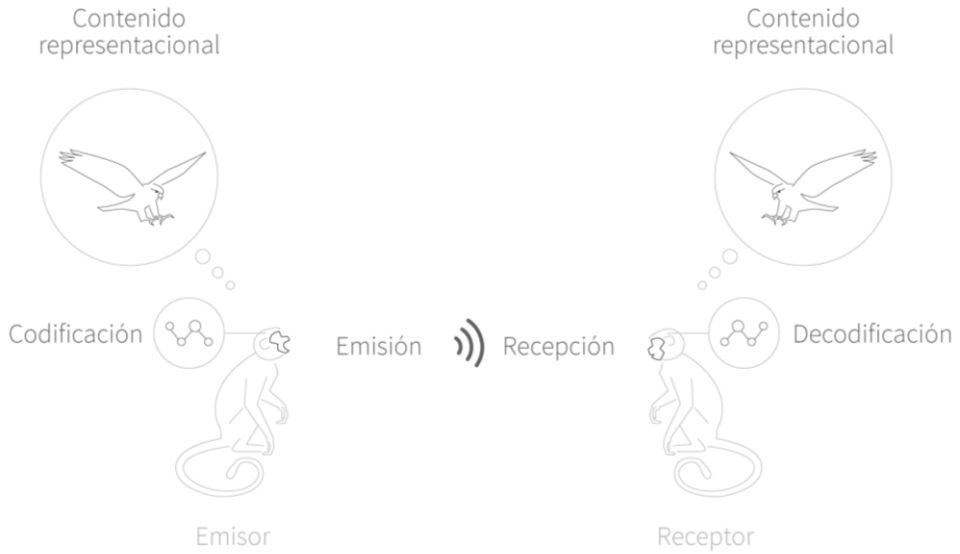


Figura 2.1 En la comunicación, un individuo codifica cierta información semántica (contenido representacional) en los detalles físicos de una señal transmitida a otro individuo, que recibe la señal y la decodifica, accediendo de este modo al contenido representacional. La comunicación es transmisión de información semántica desde un individuo a otro.

Finalmente, es preciso decir que esta conceptualización de la CB, sobre todo al ser comparada con otras aproximaciones a la CB, suele ser complementada con consideraciones y nociones funcionales, y particularmente, evolutivas (Setegmann, 2013). En este sentido, se establece que una señal comunicativa no solo es un rasgo que transmite información, sino que es una adaptación para transmitir información, un rasgo que fue seleccionado naturalmente en virtud de transmitir información. La introducción de estas consideraciones evolutivas presenta ciertas ventajas, pero también generan muchos problemas. Tanto los beneficios como los problemas que resultan de una caracterización adaptacionista de la CB serán discutidos en detalle en el capítulo 4, cuando se revisen las aproximaciones basadas en la influencia funcional-evolutiva.

2.5. Virtudes y defectos de TIC

A lo largo de esta sección se analizarán críticamente distintos aspectos de TIC, discutiendo sus principales fortalezas y debilidades. Una virtud importante de TIC es que contribuye a sistematizar y ordenar las interacciones y señales comunicativas en un sistema de clasificación coherente. Otra importante virtud es que ayuda a explicar algunas características distintivas de las señales comunicativas: *Arbitrariedad, Insuficiencia* y *Desproporcionalidad* (AID). Hay quienes han señalado como fortalezas de TIC el apoyo empírico y teórico con que cuenta esta teoría, así como con su rol en la construcción de modelos formales de la CB –estas tres pretendidas fortalezas serán discutidas en la siguiente sección.

2.5.1 Virtudes: TIC ayuda a sistematizar las señales y explica AID

2.5.1.1 TIC ayuda a sistematizar las interacciones comunicativas

Como se adelantó en una sección anterior, el concepto de comunicación semántica parece jugar un rol importante a la hora de clasificar, ordenar y sistematizar diferentes tipos de interacciones comunicativas y señales biológicas. En un nivel de análisis relativamente fino, una señal puede ser clasificada como una *llamada de alarma* en

virtud de transmitir información semántica acerca de una situación de peligro, o como una *llamada de hallazgo alimenticio* (*fodd call*) en virtud de significar o representar el hallazgo de comida, o como una *amenaza* (*threat display*) si representa una situación de ataque futuro por parte del emisor, etc. En otro nivel de análisis, más alto, las señales pueden dividirse en *self-reporting signals* y *other-reporting signals*, dependiendo de si representan algún aspecto del emisor o algún aspecto del resto del mundo (Maynard Smith and Harper, 1995). Y ortogonalmente, otra dimensión de análisis clasifica a las señales como *honestas* o *engañosas*, dependiendo de la verdad o falsedad del contenido informacional que portan –es decir, dependiendo si representan correcta o incorrectamente el mundo.

En suma, mediante el concepto de información semántica, TIC provee criterios que ayudan a categorizar, clasificar y ordenar conceptualmente distintos tipos de interacciones y señales comunicativas. De este modo, TIC satisface el desideratum de *Unificación y sistematización* especificado en el capítulo 1.

2.5.1.2 TIC ayuda a explicar AID

En el capitulo anterior se expusieron algunas ideas fundamentales en torno a la noción de señal y la comunicación biológica, enfatizando en la importancia de tres atributos característicos y distintivos de las señales: *Arbitrariedad, Insuficiencia, Desproporcionalidad* (AID). Adicionalmente, se estableció como un desideratum para una TGC la capacidad de explicar o dar cuenta de estos atributos distintivos de las señales. Al entender la comunicación en términos de transmisión de información semántica, y más particularmente, en términos de codificación y decodificación de contenido representacional, TIC puede efectivamente explicar AID:

> La *Desproporcionalidad* (i.e. el que la energía utilizada en la producción de la señal por parte del emisor no es necesariamente proporcional a la respuesta que dicha señal produce en el receptor) se puede explicar como una consecuencia de TIC: la respuesta del receptor está determinada por el contenido representacional codificado en y decodificado desde la señal, y no por la energía utilizada en producir la señal.
>
> La *Insuficiencia* (i.e. el que una señal por sí misma no es suficiente para producir la respuesta que produce en el receptor) también se explica como una consecuencia de TIC: la respuesta del receptor depende de su acceso al contenido de la señal, es decir, depende de su capacidad de decodificar la señal.

Dada una falla, ausencia o diferencia en los mecanismos de decodificación del receptor, la señal no producirá la respuesta –"las reglas de codificación y de decodificación tienen un lugar central en la comunicación por la simple razón de que las señales no proveen el poder de producir las respuesta directamente" (Wiley, 1983: 187).

La *Arbitrariedad* (i.e. el que la misma señal podría gatillar otras respuestas, o la misma respuesta podría ser gatillada por otras señales), también se puede explicar como una consecuencia de TIC: la asociación entre ciertas señales específicas y ciertas respuestas específicas depende de las mecanismos de codificación y decodificación ("las reglas de comunicación"), de modo que, en principio, un cambio en estos mecanismos de codificación y decodificación daría lugar a diferentes asociaciones señal-respuesta.

2.5.2 Pretendidas fortalezas de TIC

Como se señaló en el capítulo anterior, dentro de los distintos candidatos a TGC, TIC es la que cuenta con mayor popularidad dentro de la comunidad científica. Su aceptación por parte de los investigadores, sin embargo, a veces ocurre de manera acrítica, y no justificada por razones de peso. En esta sección se expondrán y analizarán críticamente algunas virtudes o ventajas atribuidas a TIC, como la idea de que esta teoría cuenta con abundante apoyo empírico, o que su afinidad con el cognitivismo cuenta como apoyo teórico, o que esta tiene un rol distintivo en la promoción o facilitación del modelamiento formal de la CB.

2.5.2.1 ¿TIC cuenta con abundante apoyo empírico?

Los defensores de TIC citan como evidencia a favor los numerosos hallazgos de estructuras o conductas de ciertos organismos que se correlacionan con alguna característica del emisor o del ambiente y que gatillan en otros organismos respuestas apropiadas en relación a dichas características (Seyfarth et al., 2010, Stegmann, 2013) Así como la danza de las abejas se correlacionan con fuentes de alimento que los receptores pueden encontrar luego de observar la danza, en distintas especies de vertebrados e invertebrados se observan señales asociadas confiablemente al subsecuente comportamiento agresivo del emisor, de modo que receptores regulan sus conductas gracias a tales señales —e.g. en el cangrejo ermitaño (Laidre, 2009), y en el gorrión coronirrufo pantanero (Ballentine et al., 2008), etc.

El problema de usar estos hallazgos como respaldo empírico para TIC es que estos estudios solo demuestran distintos tipos de correlaciones entre una cierta condición ambiental, la producción de una señal y la respuesta a esta señal, es decir, solo demuestran es que muchas señales tienen información estadística, y que esta información estadística es probablemente explotada de algún modo por los receptores mediante ciertos mecanismos conductuales. Pero de esto no se sigue que haya información semántica en juego, ni que estos procesos sean adecuadamente caracterizados como codificación, transmisión y decodificación de contenido representacional.

2.5.2.2 Afinidad de TIC con el Cognitivismo: ¿Apoyo teórico?

Como señalamos extensamente en la sección anterior, TIC está en perfecta sintonía y encaja adecuadamente con las aproximaciones cognitivistas en ciencias de la conducta. Este hecho ha sido alegado por algunos como una virtud de TIC (e.g. Stegmann, 2013: 21): la coherencia que una teoría tenga con el resto de las teorías científicas, y sobre todo, con su entorno teórico más cercano, es siempre una virtud epistémica importante a la hora de evaluar teorías científicas.

En este caso, sin embargo, la afinidad de TIC con el Cognitivismo resulta una condición de doble filo: tal afinidad puede ser evaluada como una virtud o un problema, dependiendo de la actitud que uno tenga respecto de este último. Basta señalar que actualmente el cognitivismo está cediendo terreno a las llamadas corrientes corporeizadas y post-cognitivistas en ciencias de la conducta, que en sus versiones más radicales se declaran abiertamente anti-representacionalistas. Respecto de la "revolución cognitiva", William Ramsey escribió el año 2007 que desde hace un tiempo "algo como una contra-revolución está ocurriendo, aunque la mayoría de los participantes no lo notan" (Ramsey 2007: 233). Una década más tarde es posible constatar que esta "contra-revolución" ha avanzado notablemente, dejando de ser un movimiento silencioso para convertirse en una reconocida y cada vez más popular alternativa frente al cognitivismo.[6] Dentro de los teóricos de la CB, algunos críticos de TIC precisamente abogan por una perspectiva corporeizada de la cognición:

> Whether they know it or not, researchers relying on information and coding constructs to understand animal communication are implicitly

[6] Algunos hitos representativos del desarrollo de esta aproximación corporizada y enactiva son: Varela et al. (1991), Van Gelder (1995, 1998), Calvo& Gomila (2008), Chemero (2011), Hutto & Myin (2012, 2017).

> positing that signals are inherently representational in nature (Owrenet al., 2010).
>
> Instead, the field must update its views on perception and cognition. Following the points above, research should move away from the passive, disembodied and exclusively "in-the-head" views of cognition inspired by computer metaphors and embrace alternative perceptual-cognitive frameworks that emphasise the dynamic, embodied and distributed nature of perception, cognition and action.
>
> (Rendall & Owren, 2013: 175)

2.5.2.3 ¿TIC facilita modelamiento abstracto y formal de la CB?

De acuerdo a los defensores de TIC (e.g. Seyfarth et al., 2010; Stegmann, 2013), explicar la operación de los sistemas de comunicación en términos de la transmisión de información semántica permite abstraerse de las propiedades físicas de la señal, especialmente de su modalidad, y como consecuencia, facilita el moldeamiento formal de sistemas comunicativos en general:

> Grafen (1990), Searcy & Nowicki (2005), and others have used the logic of information to explain the evolution of all animal signals, regardless of modality. This generality constitutes a strength of their approach.
>
> (Seyfarth et al., 2010: 5)

La posibilidad de modelar fenómenos muy distintos en términos de un mismo conjunto de principios y parámetros generales sin duda es un avance en términos de unificación y sistematización. Ahora bien, esta putativa virtud de TIC contrasta con el hecho de que los modelos formales sobre la evolución de la comunicación (que TIC supuestamente facilita) no hacen referencia sustantiva ni ineliminable a una noción de información semántica. Más bien, lo único que necesitan son correlaciones entre señales, condiciones, respuestas y distribuciones de fitness (es decir, cuando mucho utilizan un concepto estadístico de información). Esto es explícitamente reconocido incluso por los defensores de TIC, por el ejemplo, cuando el mismo Seyfarth escribe unos años más tarde:

> In evolutionary models of communication, information is an abstraction whose content remains unspecified. [...] Evolutionary models of communication invoke the concept of information, but their exclusive focus on function leaves them agnostic about the content of information

> or how it is acquired. Grafen (1990, page 521), for example, stated that 'at ESS the receivers will have adjusted their assessment rule so that they determine correctly the true quality of a male', but he did not specify the content underlying the assessment rule or how its adjustment is achieved. For Grafen, all that mattered was that the assessment rule focused on a stimulus that was correlated with the signaller's quality.
>
> (Seyfarth & Cheney, 2016: 2-4)

Por último, sobre el vínculo entre información y abstracción, debemos notar que una de las críticas recurrentes hacia TIC establece que ésta, al centrarse y enfatizar en la noción de contenido informacional y desatender las propiedades físicas de los sistemas de comunicación, tiene el efecto lamentable de sesgar y predisponer a los investigadores a descuidar el estudio relativo a los aspectos mecanísticos de la producción, recepción y evolución de la señal (ver Rendall et al., 2009: 238).

2.5.3 Problemas heurísticos, conceptuales, extensionales y metodológicos

En esta sección examinaremos cuatro problemas relativos a TIC, a saber: i) que constituye una mala heurística por cuanto favorece actitudes y sesgos antropocéntricos en relación al estudio de la CB; ii) que esta teoría no satisface el requerimiento de *Impecabilidad conceptual;* iii) que esta teoría no satisface el criterio de *Adecuación extensional*; y iv) que el concepto de información semántica en términos del cual se articula TIC genera un compromiso o *trade-off* entre la adecuación extensional de la teoría y la concordancia con ciertos aspectos metodológicos de la práctica científica (como el llamado Canon de Morgan).

2.5.3.1 Una mala heurística: El riesgo del antropomorfismo

Distintos críticos han señalado que TIC invita a pensar las distintas instancias de la CB en analogía al fenómeno de comunicación lingüística en los seres humanos, lo que por una parte conlleva fácilmente al antropomorfismo (Owings & Morton, 1997, 1998), y por otra parte, sesga la investigación direccionándola hacia el estudio de aquellos aspectos donde es posible encontrar una correspondencia con el lenguaje humano, y desestimando otros aspectos importantes del fenómeno (Rendall et al., 2009: 238).

El riesgo del antropomorfismo efectivamente se manifiesta en las habituales descripciones lingüísticas más o menos forzosas de fenómenos comunicacionales que no se asemejan de manera muy obvia o interesante a fenómenos propiamente

lingüísticos. En el contexto de la biología celular y molecular, por ejemplo, no es infrecuente que algunos investigadores guiados por una aproximación explícitamente informacional describan y expliquen fenómenos comunicacionales a nivel celular en términos lingüísticos: Mayer y Baldi (1991) señalan que ciertos péptidos involucrados en procesos de señalización celular pueden ser entendidos como "las palabras de un lenguaje", y abogan por investigaciones que se ocupen de determinar la información semántica que tales elementos contienen; Vincent (1994) afirma que "las leyes de la lingüística y la semántica son válidas no solo en el nivel humano y organísmico, sino también en el nivel celular y molecular"; Sungchul Ji (1997, 1999) ha propuesto que diversos tipos de interacciones celulares deben entenderse en términos de fenómenos estrictamente lingüísticos, y ha sugerido que las células se comunican mediante el *cellese*, un lenguaje molecular que compartiría algunos atributos con el *humanese* (el lenguaje de los seres humanos): distintos elementos sub celulares constituirían un léxico y distintos procesos regulatorios constituirían la gramática, etc. Este tipo de afirmaciones son altamente controversiales, no es claro que realmente sean útiles para entender o predecir nuevos fenómenos (e.g. Sarkar, 1996, 2003)[7], y hasta donde entiendo, ninguno de estas ideas y proyectos se ha mostrado fecundo en términos de investigación.

Incluso en contextos de similitud más evidente y concordancia menos forzosa, el peligro del antropomorfismo resulta evidente. Un caso ilustrativo es el del etólogo Constantine Slobodchikoff (1986, 1991), quien reporta haber encontrado evidencia de que las llamadas de alarma del perrito de las praderas de Gunnison (*Cynomys gunnisoni*) se correlacionan con tipos específicos de predadores, y ciertas características acústicas de las señales se correlacionan con distintos rasgos de los predadores e.g. tamaño, forma, color (Slobodchikoff, 1986, 1991; Ackers & Slobodchikoff, 1999). A partir de estos hallazgos y correlaciones, Slobodchikoff salta a la conclusión de un lenguaje animal, donde las llamadas de alarma son equivalentes a oraciones del lenguaje humano, que estarían constituidas por elementos análogos a sustantivos, adjetivos y verbos. Este salto lingüístico en la descripción de las llamadas de alarma del perrito de las praderas resulta "controversial" incluso para algunos defensores de TIC (McAninch et al., 2009).

[7] En relación al uso de nociones semánticas e informacionales en general, Sarkar comenta lo siguiente: "there is no clear, technical notion of 'information' in molecular biology. It is little more than a metaphor that masquerades as a theoretical concept and ...leads to a misleading picture of possible explanations in molecular biology" (Sarkar 1996: 187)

Desde luego, en principio es posible sostener y defender una teoría informacional de la CB sin caer en descripciones lingüísticas y antropomórficas de los fenómenos comunicacionales, pero tales prácticas resultan ser un riesgo o tentación constante.

2.5.3.2 Opacidad conceptual: información y representación

Una crítica recurrente a TIC es que "información" es un concepto tan confuso, vago y por claro que difícilmente puede integrarse en el marco de investigaciones científicas, o tareas como descripción y explicación causal o mecanística de la conducta (Owren & Rendall, 2001; Rendall et al., 2009).

Si bien es cierto que los estudiosos de la CB utilizan el concept de manera ambigua, confusa, y casi siempre sin definirlo, también es verdad que esta situación es en principio mejorable. En las secciones precedentes, de hecho, se avanzó en lo concerniente a la confusión y claridad que suelen acompañar las descripciones informacionales, al establecerse que el término "información" en ciertas ocasiones corresponde al concepto estadístico de información (que es relativamente claro), y en otras ocasiones corresponde al concepto semántico de información (que es bastante menos claro). Ahora bien, ¿cuán factible resulta incorporar estos conceptos a un marco de descripción-explicación científica, causal o mecanística de la conducta?

Respecto del concepto estadístico de información, tenemos un problema si deseamos afirmar que las señales contienen o portan información "codificada" por el emisor, y "transmitida" hasta un receptor, que "procesa" o "decodifica" esta información. Como bien señalan Owren & Rendall (2013b: 82) "*la información-como-correlación existe solo mediante la recurrencia de eventos en el tiempo, no está instanciada en alguna instancia en particular*". Así, es preciso distinguir entre información-como-correlación en el mundo y la representación de aquella correlación. Las nociones de "codificación", "decodificación", "transmisión" y "procesamiento" no tienen mucho sentido en referencia a la información estadística, como sí lo tienen en relación al contenido representacional (información semántica). Decir que "una señal de alarma codifica información acerca de predadores" es equivalente a decir que "el humo codifica información acerca del fuego", donde implícitamente se sugiere la existencia de un proceso de transformación basado en reglas (proceso computacional) que media entre el fuego y el humo. En contraste, estas nociones de "codificación", "decodificación", etc., resultan más apropiadas cuando tratamos con estados con contenido representacional, es decir, cuando el concepto en juego es el concepto de información semántica. Y es precisamente este concepto de información aquel en torno

al cual se articula TIC, que conceptualizan la CB como un proceso de codificación, transmisión y decodificación de información.[8]

Ahora bien, ¿qué hay de las preocupaciones de Owren & Rendall (2013b) sobre las posibilidades de integración del concepto semántico de información en el marco de descripción y explicación científica, causal o mecanística de la conducta? De momento, lo único que podemos decir es que *si* el contenido representacional puede jugar un rol en la explicación mecanística de la conducta de los organismos (como sostiene el cognitivismo), *entonces*, en principio, el contenido representacional podría ser incorporado en explicaciones científicas de la conducta comunicativa. Ahora bien, ¿qué hay respecto de la verdad del antecedente de este condicional? La cuestión es difícil, y será abordada con cierto detalle en la sección 2.6 de este capítulo.

2.5.3.3 Señales sin contenido informacional: inadecuación extensional de TIC

Si la CB es definida en términos de transmisión de información semántica, entonces un rasgo que no transmita información no puede ser considerado una señal comunicativa. Ahora bien, como señalan Horisk & Cocroft (2013), hay señales que difícilmente pueden entenderse en estos términos informacionales, como ocurre con las señales de interferencia y enmascaramiento. Este tipo de señales suele darse en el contexto de *duetos animales*. En muchos insectos, por ejemplo, la reproducción es posibilitada por duetos entre machos y hembras, donde el macho, lejos de la hembra, produce una señal, que la hembra responde con otra señal, que a su vez el macho utiliza para orientarse y moverse algunos centímetros en dirección hacia la hembra, tras lo cual el macho vuelve a producir otra señal, que la hembra responde con otra señal… y así, hasta que eventualmente el macho encuentra a la hembra y ambos pueden aparearse. Ahora bien, en algunos casos, tal como ocurre en los membrácidos de la especie *Tylopelta gibbera*, si en la misma planta hay dos machos señalizando, la hembra responde a las señales de ambos pero se aparea con el primero que la encuentre. En este caso se descubrió que los machos, además de emitir la señal vibratoria reproductiva dirigida a la hembra, emiten un segundo tipo de señal vibratoria cuyo efecto y función es *interferir* con y *enmascarar* la señal del otro macho, es decir, hacerla

[8] "One organism has a message in mind that he or she wants to communicate to another organism. He or she emits some behavior (...) that encodes tha message. The other perceives the behavoir, identifies in terms of the meaning encoded, and treats the results of that decoding as the meaning of the message". (Anderson 2006: 16-17)

imperceptible para la hembra, de modo que ésta no responde a las señales de su rival reproductivo.

El caso es un ejemplo muy ilustrativo de la existencia de señales que no pueden ser entendidas como rasgos que transmiten información ni como rasgos que fueron seleccionados naturalmente en virtud de transmitir información. Por esta razón, a la luz de TIC, estos rasgos no podrían ser considerados "señales comunicativas", y este tipo de interacciones quedarían excluidas como instancias de CB, lo cual es indeseable por variados motivos. En palabras de Horisk & Cocroft (2013):

> In our view, masking signals are an example of signalling that is best understood on the influence, rather than the information, definition. […] The main issue is that reducing the information that receivers can obtain from rivals is a common function of signals, sometimes involving specialised signals, and sometimes involving the timing of an individual's mating signals relative to those of neighbours. Excluding from consideration as signals all cases in which information is decreased, rather than increased, would require arbitrary distinctions, and separate out phenomena that are best considered under the same theoretical umbrella.
>
> (Horisk & Cocroft, 2013: 263)

En resumen: dado que TIC establece como una condición necesaria para ser una señal el transmitir información, cuando sin embargo hay señales que no transmiten información (e.g. señales de interferencia y enmascaramiento), se sigue que TIC es una teoría extensionalmente inadecuada.

2.5.3.4 El *Canon de Morgan* e interacciones comunicativas de bajo nivel

Un *desideratum* para cualquier TGC es encontrar un adecuado balance entre la extensión intuitiva del concepto de comunicación y la intensión explícita que la teoría propone. Hemos visto que dentro de la extensión intuitiva del concepto de comunicación figuran como casos paradigmáticos ciertas interacciones entre sistemas biológicos relativamente simples, como células —por ejemplo, el fenómeno de *quorum sensign* en bacterias, descrito en el capítulo anterior. Este tipo de casos pueden resultar problemáticos para TIC. Por una parte, dentro del marco informacional estas interacciones serán incluidas como instancias de CB solo si pueden ser caracterizadas en términos de codificación, transmisión y decodificación de información semántica —

es decir, en términos de estados con contenido representacional. Por otra parte, describir o explicar la conducta de células en términos representacionales parece constituir una violación de la regla metodológica que en ciencias de la conducta se conoce como el *Canon de Morgan*, a saber:

> "In no case may we interpret an action as the outcome of the exercise of a higher psychical faculty, if it can be interpreted as the outcome of the exercise of one which stands lower in the psychological scale". (Morgan, 1894, p. 53)

Si bien, como vimos antes, más de algún filósofo podría estar feliz con explicar la conducta de organismos unicelulares en términos semánticos o representacionales, lo cierto es que estos fenómenos parecen poder estudiarse, describirse y explicarse razonablemente bien en términos estrictamente bioquímicos y moleculares. En relación al uso de "información" en el contexto de la biología celular (y en relación a la atribución de estados con contenido representacional a este nivel), el filósofo de la biología Sahotra Sarkar es categórico:

> "There is no reason to suppose that any concept of biological information must be “semantic” in the sense that philosophers use that term. Biological interactions, at this level, are about the rate and accuracy of macromolecular interactions. They are not about meaning, intentionality, and the like; any demand that such notions be explicated in an account of biological information is no more than a signifier for a philosophical agenda inherited from manifestly nonbiological contexts, in particular from the philosophy of language and mind. It only raises spurious problems for the philosophy of biology".
>
> (Sarkar, 2003: 262)

En resumen, las interacciones comunicativas de "bajo nivel", ente sistemas biológicos simples tales como células, resultan problemáticas para una teoría informacional de la CB. Si se respeta la prescripción metodológica estipulada por el Canon de Morgan y no se atribuyen estados con contenido representacional a estos sistemas, entonces tales interacciones comunicativas quedan excluidas como instancias de comunicación, de modo que las teorías tienen problemas de alcance (la intensión explícita no corresponde con la extensión intuitiva del concepto). Por otro lado, si se opta por atribuir estados con contenido representacional a sistemas celulares, de modo que fenómenos como el *quorum sensing* puedan ser incluidos dentro de la categoría de CB, entonces TIC enfrenta el problema metodológico de violar el Canon de Morgan.

2.6. El problema filosófico de los estados con contenido representacional

El problema discutido en el apartado inmediatamente anterior surge directamente como consecuencia de definir la CB en términos representacionales. Este problema no es el único, ni el más grave, que surge a partir del concepto de representación y contenido representacional. Por ello, sin pretender realizar un análisis completo o exhaustivo del tema, esta sección estará destinada a examinar algo más profundamente ciertos aspectos del concepto de representación y los problemas asociados.

En esta sección, comenzaremos revisando en qué sentido el concepto de representación debe ser naturalizado (cf. Box 2.1), y luego continuaremos examinando la propuesta de naturalización más popular en el contexto de los estudios de CB, a saber, la teoría teleosemántica (TTS), que a su vez descansa en o presupone una teoría etiológica de las funciones biológicas (TEF). Como veremos, una consecuencia indeseable de TTS –que deriva directamente de TEF– es el carácter epifenomenal del estatus y contenido representacional. Este carácter epifenomenal ha motivado ciertas perspectivas respecto del rol causal y explicativo que pueden tener los estados representacionales en el ámbito de las ciencias de la conducta y en el estudio de la CB, a saber: que la referencia a estados con contenido representacional constituye una explicación en términos de causas últimas, no próximas. Hacia el final de esta sección se argumentará que esta perspectiva es insostenible, dado que la principal motivación y justificación de la introducción de estados representacionales como elementos explicativos de la conducta de los organismos dice relación con su rol de causas próximas, no últimas.

2.6.1 TIC y la naturalización del contenido representacional

De acuerdo a TIC, la CB es un proceso que involucra fundamentalmente algún tipo de transmisión de contenido representacional desde un emisor a un receptor. Ahora bien, la referencia a estados representacionales resulta, *prima facie*, problemático dentro del marco del naturalismo metodológico: el concepto de representación requiere ser naturalizado (ver Box 2.1).

Si vamos a caracterizar la CB en términos representacionales y queremos mantenernos dentro del marco naturalista, entonces necesitamos una teoría *realista*[9] y

[9] El realismo acerca de la CB se estableció como un supuesto para el desarrollo de esta investigación. Ese realismo acerca de la CB sería incompatible con la conjunción de las siguientes tesis: i) la CB involucra estados con contenido representacional, y ii) los estados con contenido representacional no son reales. .

naturalista de los estados con contenido representacional –en términos operacionales, debemos completar la fórmula "R tiene el contenido C porque (en virtud de) _____" sin hacer uso de conceptos intencionales o semánticos, y empleando solo conceptos físicos o naturales (Neander, 2012).

Como vimos anteriormente, los estados representacionales poseen *normatividad*: una representación puede ser incorrecta o incorrecta. Una adecuada teoría naturalista del contenido representacional tendrá que cumplir con la exigencia de hacer espacio para y explicar en términos puramente naturales la normatividad de los estados representacionales, y en particular, la posibilidad de representación errónea o incorrecta.

2.6.2 TIC y teorías teleosemánticas

Dentro de las teorías naturalistas y realistas del contenido, la alternativa favorecida mayoritariamente por los defensores de TIC corresponde a alguna u otra versión de las *teorías teleosemánticas*, también llamadas *teorías teleológicas del contenido representacional* (e.g. Millikan, 1984, 1999, Bekoff and Allen, 1992**,** Allen & Bekoff, 1997, Stegmann, 2005, 2009)[10]. "Telos" significa fin o propósito, y se les denomina teorías "teleológicas" precisamente porque proponen entender el estatus y contenido representacional en términos de cierta noción de propósito o función, a saber: el concepto de *función biológica*.

Generalmente las distintas versiones de TTS comienzan con alguna teoría previa y más básica acerca de la relación que existe entre un putativo estado representacional correcto o verdadero y aquello que dicho estado representa: por ejemplo, la teoría según la cual las representaciones correctas covarían con o son causadas por aquello que representan, o la teoría según la cual las representaciones son indicadores confiables de lo que representan, o la teoría según la cual las representaciones son abstractamente isomórficas —de acuerdo a ciertas reglas— a aquello que representan, etc. La teleología es introducida al especificar que la relación propuesta por la teoría previa se da entre un estado putativamente representacional y el ítem representado

Ver Jacob (1997: 9 - 42) para una descripción del realismo representacional y de las alternativas no realistas.

[10] Estas teorías se desarrollaron con el objetivo de naturalizar la noción de *contenido mental*. Sin embargo, en los trabajos pioneros de Ruth Millikan usualmente aparecen referencias a sistemas de señalización externa, y explícitamente se ha afirmado que las señales biológicas entre organismos (e.g., los coletazos del castor ante la presencia peligro, o las danzas de abejas) son estados con contenido representacional en virtud de las mismas propiedades que confieren estatus y contenido representacional a los estados "internos", propiamente mentales (ver Millikan 1989:288, nota 14).

cuando el sistema biológico del que forma parte el estado representacional está *funcionando apropiadamente*. Y concomitantemente: cuando dicho sistema biológico falla, se pueden producir representaciones falsas.

Esquemáticamente, la estrategia general y común a toda TTS consiste en dos pasos: primero, derivar la normatividad de los estados representacionales a partir de su funcionalidad; segundo, naturalizar esta funcionalidad.

Respecto del primer paso, hay un claro sentido en que el lenguaje funcional usado descriptivamente se corresponde con un lenguaje normativo: decir que un ítem posee una función consistente en una cierta actividad F, es también decir que en algún sentido dicho ítem "debe" o "tiene que" hacer F, o que al no hacer F dicho ítem estaría funcionando mal, inapropiadamente. El intento de naturalización de la normatividad representacional en términos de esta normatividad funcional más básica, apuesta a la posibilidad de entender la capacidad de representación errónea en términos del funcionamiento incorrecto. R representa algo incorrectamente si R posee una cierta función, la función de representar[11] de cierto modo cierto tipo de cosas, pero R está funcionando mal.

Supongamos que la teoría previa o más básica a partir de la cual se desarrollará cierta TTS sostiene que la relación que existe entre un estado representacional correcto o verdadero y aquello que dicho estado representa es la *relación de indicación*.[12] En la primera etapa del desarrollo de una TTS, la fórmula resultante sería:

TTS1 R representa C si y solo si R tiene la función biológica de indicar C

La segunda etapa, según hemos dicho, consiste en especificar en términos puramente naturales la noción de "función biológica".

[11] Aquí "representar" refiere a la relación especificada en la teoría previa y más básica acerca de la relación que existe entre un putativo estado representacional correcto y aquello que dicho estado representa.

[12] Por simplicidad, de aquí en adelante seguiré utilizando esta clase general y relativamente simple de teoría teleológica, construida a partir de la relación de indicación: R *indica* un evento de tipo C ssi P(C|R & condiciones de trasfondo) = 1 (Dretske, 1988). Los argumentos que siguen, sin embargo, pretenden ser suficientemente generales para aplicarse a cualquier teoría teleológica del contenido representacional, sin que las diferencias específicas entre una u otra afecten lo medular de los argumentos. Cf. Nanay (2014), que utiliza una estrategia similar.

2.6.3 Funciones biológicas: teorías etiológicas

¿Qué significa exactamente que un cierto rasgo R tenga la función biológica de hacer F? De todas las cosas que hace o puede hacer un corazón, ¿qué es lo que determina que la función del corazón sea, digamos, bombear sangre, en vez de hacer ruido? Si bien dentro del espacio de posiciones realistas respecto de la funcionalidad biológica existen diferentes tipos de teorías, la gran mayoría de quienes han intentado desarrollar alguna u otra TTS lo han hecho a partir de una u otra versión de la llamada *teoría etiológica de las funciones* (TEF). Usualmente, TEF recurre a la noción de evolución por *selección natural*[13] para definir la noción de función biológica:

> **TEF** Un rasgo R tiene la función F si y solo si R ha sido *naturalmente seleccionado en virtud de* hacer F.

Una de las mayores virtudes de TEF es que parece satisfacer adecuadamente un desideratum esencial para cualquier teoría naturalista de las funciones biológicas, a saber: *dar cuenta adecuadamente del aspecto normativo de las funciones*. De acuerdo a TEF, un rasgo está "funcionando mal", es decir, no está realizando su función, si rasgos de ese tipo fueron seleccionados en virtud de hacer F, y el rasgo en cuestión no hace F.[14]

El resultado de incorporar TEF al desarrollo de TTS, sería TTS1+TEF, a saber:

> **TTS2** R representa C si y solo si R ha sido *naturalmente seleccionado en virtud de* indicar C

Si efectivamente TE logra dar cuenta adecuadamente del aspecto normativo de las funciones, entonces una teoría como TTS2 también contaría entre sus ventajas dar cuenta adecuadamente del aspecto normativo de las representaciones.

---

[13] Nuevamente, de aquí en adelante seguiré utilizando esta clase general y relativamente simple de teoría etiológica. Dentro del estudio de la CB las teorías de función biológica más aceptadas y utilizadas son las teorías etiológicas construidas en términos de selección natural.

[14] Un rasgo token puede no hacer aquello en virtud de lo cual los rasgos del mismo tipo fueron seleccionados en el pasado, debido a características del token mismo, o bien debido a *dislocación ambiental* —es decir, a que un token físicamente idéntico a los rasgos tokens seleccionados naturalmente en el pasado se encuentra en un ambiente diferente de aquel ambiente en el cuál dichos rasgos tokens del pasado fueron seleccionados. Es materia de discusión en cuál de estos casos, o si en ambos, es legitimo decir que el rasgo token en cuestión está funcionando mal o inapropiadamente (cf. Davies, 2000: 32-33). Sin embargo, los argumentos que se presentan aquí no se ven afectados por la posición que uno tome respecto de este asunto.

De acuerdo a TIC, los casos clasificados como *engaño* involucran información semántica falsa. Las llamadas de alarma emitidas en ausencia de predadores son señales que representan que hay predadores, cuando de hecho no los hay. ¿En qué sentido estas señales realmente representan incorrectamente la presencia de predadores? De acuerdo a TTS2, una señal S representa a un cierto tipo de predador P si y solo si S ha sido *naturalmente seleccionado en virtud de* indicar P. Si S es emitida en ausencia de P, entonces S representa incorrecta o falsamente la presencia de P, pues S no está cumpliendo su función, es decir, no está haciendo aquello en virtud de lo cual S fue seleccionada naturalmente, a saber, indicar la presencia de P.

En resumen, recurriendo al concepto de función biológica y a la correspondiente noción de mal-función, TTS parece satisfacer el desidaratum relativo a al aspecto normativo de los estados con contenido representacional[15], lo que permite entender en qué sentido ciertas interacciones comunicativa constituyen casos de engaño y en qué sentido las señales que median estas interacciones llevan información falsa.

Sin embargo, estas teorías acerca del estatus y contenido representacional enfrentan diversos problemas que derivan de manera más o menos directa del tipo de teorías acerca de la función biológica embebidas en ellas (TEF). Estos problemas, que examinaremos a continuación, aquejarán también a TIC.

2.6.4 Funciones etiológicas y el problema del epifenomenalismo

El principal defecto de las teorías etiológicas es su incapacidad de satisfacer un segundo desideratum para cualquier teoría naturalista de las funciones biológicas, a saber: el *garantizar la eficacia causal de la funcionalidad*.

El problema se puede entender así. Sean O_1 y O_2 organismos relevantemente similares en su constitución física, tal que ambos organismos poseen un rasgo R y en ambos el rasgo R indica una condición C, con la diferencia que en el linaje de O_1 el rasgo R fue seleccionado naturalmente en virtud de indicar C, mientras en el linaje de O_2 el rasgo R no evolucionó por selección natural, sino por otro mecanismo evolutivo (e.g., R es el subproducto de otros rasgos, o R evolucionó neutralmente, por deriva). Dado que su constitución física es relevantemente similar (digamos, idéntica en relación al nivel de detalle necesario para el análisis que nos interesa), O_1 y O_2 responderán de manera idéntica ante los mismos estímulos, y se comportarán igual. Y dado que poseen las

[15] En lo que sigue se asumirá que esto es así. Sin embargo, es preciso decir que este punto ha sido contestado con distintos argumentos (véase, por ejemplo, Davies, 2000 y Nanay, 2014).

mismas disposiciones conductuales, que responden de manera idéntica ante los mimos estímulos, la conducta de los organismos O_1 y O_2 debiese explicarse de manera idéntica, en términos del mismo mecanismo o sistema de causas que genera dicha conducta. Sin embargo, dado que O_1 y O_2 poseen un origen evolutivo diferente, donde solo en uno de ellos el rasgo R fue seleccionado naturalmente en virtud de indicar C, entonces solo en uno de estos organismos R tiene la función de indicar cierta condición, es decir, solo en uno de ellos R es una representación acerca de C. Y el problema está en que si O_1 y O_2 se comportan de manera idéntica (y por tanto, deben explicarse en referencia a las mismas causas), no es claro en qué sentido el estatus y contenido representacional de R pueda formar parte de las causas de la conducta o jugar un rol explicativo en la conducta de los organismos. Más bien, el estatus y contenido representacional parecen tener una condición epifenomenal.

Esta condición epifenomenal de las representaciones es una consecuencia de la condición epifenomenal de las funciones. Dado que, de acuerdo a las teorías etiológicas, la funcionalidad de un rasgo en el presente depende de eventos en el pasado —eventos selectivos en generaciones ancestrales—, dicha funcionalidad no tiene relación con los poderes causales del rasgo en el presente, y por tanto, no puede influir en y es irrelevante para la conducta de los organismos. Es decir, las teorías etiológicas implican que el estatus y la especificidad funcional[16] de los rasgos resulten aspectos epifenomenales en relación al presente de un organismo (cf. Christensen & Bickhard, 2002). Dada la condición epifenomenal del estatus y especificidad funcional, y dado que el estatus y el contenido representacional de un rasgo están fijado por la funcionalidad de dicho rasgo, se sigue que el estatus y contenido representacional también será epifenomenal en las teorías teleológicas de la representación.

2.6.5 Representaciones: ¿causas próximas o causas finales de la conducta?

Como hemos visto, lo distintivo de las aproximaciones cognitivistas en contraste a otras aproximaciones es la referencia a estados con contenido representacional para explicar la conducta. Ahora bien, si los estados con contenido representacional, *en tanto estados con contenido representacional*, no desempeñan un rol causal o mecanístico en

[16] La noción de *estatus funcional* refiere al hecho de que un rasgo tenga alguna función, mientras la noción *especificidad funcional* refiere a la función específica que un rasgo tiene. Similarmente, la noción de *estatus representacional* refiere al hecho de que un rasgo tiene contenido representacional o es una representación, mientras la noción de *contenido representacional* refiere a aquello que dicho rasgo representa.

la producción de la conducta de los organismos, ¿de qué modo dichos estados pueden ayudar a explicar dicha conducta?

En relación a este problema, el filósofo Collin Allen y el etólogo Marc Bekoff proponen un rol explicativo para los estados representacionales en conexión con la historia evolutiva:[17]

> In our view, intentional terms provide a mode of description of animal cognition that is importantly related to the ability of ethologists to describe the adaptive significance of the neural systems that control behavior (Millikan, 1984; Bekoff and Allen, 1992). In other words, *description of internal states as content-bearing corresponds to evolutionary explanations of cognitive states and abilities*.
>
> (Allen & Bekoff, 1997: 72, cursivas mías)

Pero esta manera de entender el rol explicativo de las representaciones en las ciencias de la conducta es problemática, puesto que: *las explicaciones evolutivas son respuestas a preguntas últimas*, no a preguntas próximas, y sin embargo, *la justificación para introducir estados representacionales en las ciencias de la conducta se relaciona con su rol en respuestas a preguntas próximas*, no a preguntas últimas. Así, la sugerencia de que los estados con contenido representacional ayudan a responder preguntas evolutivas por un lado contradice la principal motivación de introducir estados con contenido representacional, y por otra parte confunde preguntas relativas a causas próximas y preguntas relativas a causas últimas.

A continuación se explicará este punto en mayor detalle.

A. Causalidad en Biología: causas próximas y causas últimas

Desde la publicación del famoso artículo "Cause and Effect in Biology" (1961) del biólogo Enrst Mayr, es usual distinguir entre dos tipos de preguntas causales en las ciencias biológicas, a saber, entre *preguntas próximas* y *preguntas últimas*.

El primer tipo de preguntas (próximas) corresponde a preguntas acerca de cómo los organismos y sus partes operan, o hacen lo que hacen. Por ejemplo: ¿Cómo tal organismo regula su temperatura? ¿Cómo el corazón bombea sangre? ¿Cómo el sistema inmune ataca antígenos sin dañar a las células del huésped? ¿Cómo una célula se divide

[17] Ver también Allen (1992).

hasta convertirse en un complejo organismo compuesto por millones de células organizadas y diferentes? etc.

En contraste, el segundo tipo de preguntas (últimas) corresponde preguntas acerca de por qué los organismos y sus rasgos hacen lo que hacen, o acerca de por qué existen los organismos que existen y no otros. Por ejemplo: ¿Por qué existen individuos con corazón? ¿En virtud de qué característica fue seleccionado naturalmente el corazón? (suponiendo que el corazón evolucionó por selección natural). ¿Por qué las jirafas tienen el cuello largo? etc.

De acuerdo a Mayr, las respuestas a estas distintas clases de preguntas refieren a distintas clases de causas: *causas próximas* (distintos tipos de mecanismos) y *causas últimas* o procesos históricos (como la evolución por selección natural).

B. Las representaciones deben ser causas próximas

Como señalamos más arriba, el cognitivismo surge en respuesta a las limitaciones de y a la disconformidad con el conductismo. La idea es que el conductismo, con su énfasis en los factores externos de los sistemas en estudio y su reluctancia a postular factores internos, tiene dificultad con explicar ciertas conductas, pero estas conductas pueden ser fácilmente explicadas con la referencia a cierto tipo de estados internos, a saber, estados con contenido representacional.

Por ejemplo, cuando a una paloma que ha sido entrenada para picotear estímulos de colores en un orden específico se le presentan solo algunos de los colores de aquella secuencia, la paloma picotea los colores disponibles en el orden correcto, simplemente saltándose los colores ausentes. Este comportamiento difícilmente puede ser explicado mediante una historia de reforzamiento de asociaciones estímulo-respuesta o cadenas conductuales: si la paloma simplemente aprendió algún tipo de cadena conductual (e.g. Rojo→Azul→Verde→Amarillo.-), entonces en las situaciones donde algún color estaba ausente (e.g. donde están presentes Amarillo, Azul y Rojo per está ausente el Verde) la paloma debería haber detenido la secuencia en (Rojo→Azul.-) en vez de generar una secuencia correcta pero nunca reforzada como (Rojo→Azul→Amarillo.-), que es lo que de hecho se observa. ¿Cómo es que la paloma picotea en el orden correcto? La explicación cognitivista sugiere que: i) durante el entrenamiento la paloma *adquirió una representación* de la secuencia correcta, almacenada luego en su sistema cognitivo; y ii) la paloma *escanea o consulta esa representación*, y por ello en las distintas

situaciones es capaz de producir la secuencia que mejor calza con la secuencia correcta (Roitblat, 1982, cf. Straub & Terrace, 1981).

Como este caso ilustra, la justificación de introducir estados con contenido representacional es que estos pueden hacer el trabajo explicativo que el conductismo no puede hacer. La conducta, de acuerdo al cognitivismo, debe ser explicada en términos de procesos computacionales consistentes en la manipulación de representaciones: estas representaciones son claramente postuladas como parte de los *pushes* y *pulls* del mecanismo que genera la conducta. *Los estados con contenido representacional, en conclusión, juegan dentro del cognitivismo un rol de causas próximas*.[18]

C. La teleosemántica implica que las representaciones no pueden ser causas próximas

Supongamos, en relación al ejemplo anterior, que tenemos dos palomas físicamente y neuralmente idénticas, paloma 1 y paloma 2, que muestran la misma conducta ante los mismo estímulos, y el mismo grado de éxito al ser enfrentadas a ciertas tareas, como picotear en cierto orden ciertos estímulos. Y supongamos que, de acuerdo a cierta teoría T (acerca de qué es ser una representación y qué es tener cierto contenido), solo paloma 1 posee una representación de la secuencia, mientras paloma

[18] En concordancia con este rol explicativo de los estados representacionales postulados por el cognitivismo, se ha subrayado como una de las características distintivas del concepto semántico de información (en contraste con el concepto estadístico de información) el poder explicativo en relación al *cómo* los sistemas hacen lo que hacen:

> When a biologist employs this [statistical] sense of information in a description of gene action or of other processes, he or she is just adopting a quantitative framework for describing ordinary correlations or causal connections within those systems. ...The familiar example of tree rings is helpful here. …The number and size of the rings carry information, in Shannon's sense... Despite the usefulness of the informational description, there is no sense in which we are explaining *how* the tree does what it does in informational terms.... The appeal to information has an *inferential* use that is no way *explanatory*. ...The more contentious question becomes whether or not biology needs *another*, richer concept of information as well. Information in this richer sense is sometimes called "semantic" or "intentional" information. ...in the richer cases, information use is supposed to help explain *how* biological systems do what they do—how cells work, how an egg can develop into an adult, how genetic inheritance mechanisms make the evolution of complex phenotypes possible.
>
> (Godfrey-Smith & Sterelny 2016: secc.2, cursivas en el original).

El punto que me interesa subrayar, en resumen, es: los estados con contenido representacional se postulan para responder preguntas acerca del *cómo* los sistemas hacen lo que hacen, es decir, los estados con contenido representacional se postulan como causas próximas.

2, pese a ser neuralmente idéntica a paloma 1, carece de estados representacionales. Pues entonces, dado que ambas se comportan de manera idéntica, pareciera ser que los estados representacionales de paloma 1 no juegan un papel causal en la producción de su conducta (son epifenomenales), y por tanto, no pueden jugar un rol en la explicación próxima de tal conducta. Tal teoría T de los estados representacionales resulta ser incompatible con la introducción de estados representacionales cómo causas próximas de la conducta de paloma 1.

Según vimos en la sección anterior, tal es la situación en la que se encuentra la teoría teleosemántica. Dado por supuesto que las explicaciones de la conducta de los organismos necesariamente involucran estados representacionales, las teorías teleosemánticas explican en términos puramente naturales qué son las representaciones vía la especificación de las condiciones que determinan el estatus y el contenido representacional. Pero dado que las teorías teleosemánticas implican que el estatus y contenido representacional son aspectos epifenomenales en relación a la conducta de los organismos, estas mismas teorías excluyen a las representaciones como causas próximas de la conducta[19] socavando así la razón misma que justifica la introducción de estas entidades.

D. ¿Representaciones como explicaciones evolutivas de la conducta?

Dadas las dificultades para entender el rol de los estados con contenido representacional en explicaciones relativas a causas próximas, Allen y Bekoff (1997) y otros teóricos han propuesto que los estados con contenido representacional permiten responder preguntas evolutivas sobre la conducta, es decir, permiten responder preguntas últimas. La misma posición parece tomar el biólog y filósofo Ulrich Stegmann,

[19] El problema del epifenomenalismo se ilustró mediante la posibilidad de dos sistemas idénticos respecto de su causalidad próxima, pero diferentes respecto de sus estados representacionales, uno de ellos teniendo representaciones con cierto contenido, el otro careciendo por completo de representaciones. Mediante razones exactamente análogas Peter Griffths y Karola Stotz explican por qué la atribución a los genes de contenido representacional caracterizado en términos teleosemánticos *no puede formar parte de las explicaciones mecanísticas* de procesos biológicos como el desarrollo organísmico:

> La información teleosemántica no puede jugar un rol en una explicación mecanicista del desarrollo, porque el contenido teleosemántico del DNA depende de su historia evolutiva. Una secuencia físicamente idéntica de DNA, que surja en otro individuo por mutación, no lleva información porque no posee historia. Pero dos organismos relevantemente similares que tengan el mismo cambio en su DNA serán afectados exactamente de la misma manera. (Griffths & Stotz 2013: 6.8)

uno de los principales defensores de TIC y de las teorías teleosemánticas para caracterizar el contenido representacional de las señales:

> I wish to resist characterising information in proximate terms. I believe that the informational approach is valuable, not because it captures a kind of proximate mechanism of signal processing, but because it provides ultimate (etiological) explanations of receiver responses... Asserting that a receiver responds with R to a signal because (1) the signal carries the information that p is another way of saying that the receiver responds with R because (1*) p caused receivers to evolve/learn the disposition to do R. In other words, citing the information content p explains R by identifying the reason that caused receivers to evolve/learn the R-disposition in the first place. *The information content therefore provides an ultimate explanation of R.*
>
> Stegmann (2013: 32)

Los biólogos Horn & McGregor (2013) parecen coincidir con esta manera de entender el rol explicativo y estatus causal del contenido informacional de las señales cuando dicen:

> "information is the functional foundation of the signalling interaction, our interpretation of the interaction in a way that makes evolutionary sense, in that makes explicit the adaptive value of the sender's signalling and the receiver's responding. In the proximate timeframe of any given signalling interaction, the give and take of signals can be carried on without the intercession of this kind of information at all".
>
> Horn & McGregor (2013: 47)

Sin embargo, esta posición es altamente problemática puesto que atribuye a las representaciones un rol explicativo de causa última, desentendiéndose por completo de la principal motivación tras la introducción de representaciones en la descripción y explicación de la conducta de los organismos, que es su rol como causa próxima. Por otro lado, cuando la pregunta que tenemos entre mano ya no es por el *cómo* los organismos hacen lo que hacen y se comportan como se comportan (pregunta próxima), sino por el *por qué* (pregunta última), de manera que la respuesta refiere al proceso histórico de selección natural, entonces ya no es claro que la noción de estados con contenido representacional sea necesaria en absoluto.

2.6.6 Comunicación como un hecho biológico presente

Como vimos en las secciones precedentes, TIC sugiere que aquello que hace que una determinada interacción se considere una interacción comunicativa es un hecho relativo al pasado, un hecho evolutivo. Similarmente, basándose en teorías teleosemánticas, TIC sugiere que aquello que determina que cierta señal posea tal cual significado tiene que ver con su historia evolutiva. Sostengo que ambos puntos contrastan severamente con la práctica científica.

Cuando los científicos desean averiguar el significado de una señal, lo que hacen es realizar *experimentos de playback*, no realizan estudios evolutivos. Los científicos miran el presente del sistema comunicativo, no investigan su pasado. De hecho, cuando reconocen algo como una señal, tal que la pregunta por el significado de dicha señal puede surgir dentro de TIC, tal reconocimiento de algo como una señal típicamente ocurre con independencia de consideraciones evolutivas.

Dado que es posible distinguir una interacción como comunicativa ignorando por completo la historia evolutiva de dicha interacción, esto quiere decir que el hecho de que tal interacción cuente como comunicativa se debe a algo que está en el fenómeno en cuestión, en tiempo presente, y no en la historia evolutiva del fenómeno.

Estos argumentos se desarrollarán en mayor profundidad en el capítulo 4., dado que las teorías de la CB revisadas allí también conceptualizan las interacciones comunicativas en términos evolutivos. Pero por lo pronto, tal como han sido esbozados aquí, estos argumentos permiten ver que la caracterización de los fenómenos comunicacionales en términos informacionales-teleosemánticas presenta conflictos con la práctica científica.

2.7. Recapitulación y balance general

De acuerdo a TIC, la comunicación biológica es un tipo de interacción en que una entidad biológica, un emisor, transmite información codificada en una señal a alguna otra entidad biológica, un receptor, que decodifica la información contenida en la señal. "Información" puede entenderse como un concepto estadístico (correlación) o como un concepto semántico (contenido representacional). En este capítulo se argumentó que el concepto de información relevante en TIC es el concepto de información semántica: por una parte, los teóricos informacionales describen y explican fenómenos comunicacionales (e.g. engaño) en términos de las transmisión de información falsa, o información acerca de lo que no hay; y la posibilidad incorrección o representación

errónea es considerada como la marca distintiva de el contenido representacional. Por otra parte, las nociones de "transmisión", "codificación" y "decodificación" no tienen sentido en relación a la información estadístico, como sí lo tienen en relación a la información semántica.

En este capítulo vimos cómo el conceptualizar la CB en términos de codificación, transmisión y decodificación de contenido representacional está en perfecta sintonía con el cognitivismo en ciencias de la conducta que, en respuesta a las limitaciones del conductismo, propone explicar la conducta de los organismos en términos de la manipulación simbólica o computación de representaciones. De acuerdo al cognitivismo, los organismos poseen estados que representan diversos aspectos de su ambiente (físico y social) y de sí mismos, y estas representaciones son utilizadas como base para actuar y navegar en su ambiente. Dentro de este esquema, la comunicación se entiende como un proceso en el que un individuo (emisor), mediante ciertos mecanismos de codificación, traduce ciertas representaciones internas en ciertas conductas o cambios externos de algún tipo (señal), perceptibles en principio para otro individuo (receptor), el que, mediante ciertos mecanismos de decodificación, puede traducir a ciertas representaciones internas, que al integrarse al proceso de manipulación simbólica, afectan su conducta.

TIC presenta algunas virtudes importantes, pero también algunos defectos importantes. Dentro de las virtudes, destaca el hecho de que naturalmente generan un sistema para ordenar y clasificar los distintos tipos de señales: las señales deben ser categorizadas en virtud de su contenido informacional. Otra virtud considerable es que puede dar cuenta de algunas características distintivas de las señales (AID).

Por otra parte, los problemas de esta teoría son variados y abundantes. Dado que no todas las interacciones comunicativas pueden ser vistas como un proceso de transmisión de información (e.g. aquellas donde se emiten señales de interferencia y enmascaramiento), entonces TIC no es capaz de cubrir todo el rango de fenómenos que intuitivamente nos parecen comunicativos y son así tratados en la práctica científica. Es decir, TIC sería una teoría extensionalmente inadecuada. Adicionalmente, la caracterización representacional de interacciones entre organismos relativamente simples como bacterias (e.g. *quorum sensing*), parece violar de una regla metodológica del estudio científico de la conducta, el llamado Canon de Morgan.

Respecto de la calidad conceptual de TIC, la situación también es problemática. Mientras el concepto estadístico de información es relativamente claro y preciso, el

concepto semántico de información o contenido representacional —en torno al cual se articula TIC— parece estar en conflicto con la prescripción del naturalismo metodológico, y por tanto, requiere ser naturalizado. Dentro de las teorías naturalistas del contenido representacional, los teóricos informacionales han favorecido alguna u otra versión de las llamadas teorías teleosemánticas (TTS), que tratan de explicar el estatus y contenido representacional en términos de algún tipo de función biológica. La noción de función biológica a su vez suele entenderse en términos etiológicos, y más particularmente, en términos de la historia evolutiva.

Ahora bien, conceptualizar la CB en términos de estados representacionales, y a su vez caracterizar los estados representacionales en términos evolutivos genera distintos problemas. Por una parte, esta manera de entender la CB contrasta con la práctica científica, ya que el estudio de la CB se centra en propiedades presentes en las interacciones comunicativas y no en propiedades históricas. Por la misma razón, TIC es incapaz de proveer un criterio operacional de CB. Para decidir si un rasgo que estamos observando en el presente es o no una señal, TIC nos pide mirar al pasado remoto, evolutivo del rasgo.

Por otra parte, esta estrategia de naturalización termina socavando la principal motivación de introducir estados con contenido representacional. Un problema de TEF es que la funcionalidad resulta ser un aspecto epifenomenal en relación al modo en que los sistemas biológicos operan. Por tanto, dado que TTS entiende la noción de representación en términos de funciones etiológicas, el epifenomenalismo acompaña también al contenido representacional en TTS, de modo que el contenido representacional de las señales comunicativas no sería causalmente relevante. Es decir, a la hora de explicar la coordinación conductual mediada por señales comunicativas en casos como el quorum sensing bacteriano, las respuesta de alerta o huída ante predadores en sociedades de mamíferos o aves, las resoluciones de conflictos mediante secuencias de movimientos ritualizados en insectos, crustáceos o reptiles, etc., *el hecho de que las señales involucradas porten o no información semántica resulta irrelevante en términos causales*. Ante estas dificultades acerca del estatus causal y rol explicativo de los estados con contenido representacional, se ha sugerido que las representaciones desempeñan un rol explicativo de causas últimas. Esta propuesta, sin embargo, es altamente problemática porque se desentiende por completo de la principal motivación tras la introducción de representaciones en la descripción y explicación de la conducta de los organismos, que es su rol como causa próxima.

En resumen, TIC presenta algunas virtudes importantes, pero también grandes dificultades. Los problemas señalados aquí justifican de por sí la exploración de candidatos alternativos de una TGC.

3. Teoría autopoiética y teorías dinamicistas de la comunicación

Comunicación como co-determinación conductual

En explícita contraposición a la caracterización en términos informacionales han surgido aproximaciones teóricas que entienden la CB como *coordinación conductual*, es decir, como un proceso dinámico de perturbaciones y compensaciones recíprocas entre dos o más sistemas. En este capítulo examinaremos dos aproximaciones de este tipo: en primer lugar, la teoría autopoiética de la comunicación (TAC), donde la comunicación se entiende como un proceso de coordinación conductual producto del acoplamiento estructural entre dos o más sistemas autopoiéticos (sección 3.1); y en segundo lugar, la teoría dinamicista a la comunicación (TDC), donde la comunicación se entiende como un complejo proceso de interacciones co-reguladas entre dos agentes (sección 3.2). Luego de haber presentado ambas teorías, en la sección 3.3 pasaremos a examinar sus virtudes y defectos. Entre sus virtudes hay que notar la impecabilidad conceptual, la operacionalidad y la concordancia con la práctica científica. Entre sus principales limitaciones resaltan su incapacidad de explicar las características distintivas de las señales, su incapacidad para ordenar las interacciones comunicativas en un sistema de clasificación coherente y sistemático, y por sobre todo, su inadecuación extensional.

3.1 Aproximación a la comunicación desde el Programa Autopoiético.

En esta sección comenzáramos primero aclarando los significados del término "autopoiesis" (y expresiones asociadas como "autopoiético"), exponiendo así el concepto de sistema autopoiético, la teoría de acuerdo a la cual la vida y los fenómenos biológicos pueden entenderse en términos de sistemas autopoiéticos, y el programa de investigación que se articula en torno a dicha teoría. Luego revisaremos específicamente la noción de CB que se ha desarrollado dentro del programa de investigación autopoiético, y finalmente revisaremos algunos contextos donde se han utilizado las aproximaciones autopoiéticas a la comunicación como guía para la investigación.

3.1.1 "Autopoiesis": concepto, teoría y programa de Investigación

El término "autopoiesis", que literalmente significa auto-producción (del griego: *auto*, mismo; y *poiesis*, producción), puede usarse en referencia al *régimen causal de cierto tipo de sistemas* (los sistemas autopoiéticos), o una *teoría de los seres vivos* (en la cual los seres vivos y los fenómenos biológicos son conceptualizados esencialmente en términos de sistemas autopoiéticos), y finalmente, a veces es usado también para referir no una teoría específica, sino más bien lo que en la terminología de Lakatos (1978) podemos llamar un *programa de investigación* (programa cuyo núcleo firme está constituido por la teoría de la autopoiesis y el concepto de autopoiesis; ver Frick, 2013).

El *concepto* de autopoiesis fue introducido y definido originalmente por Humberto Maturana y Francisco Varela (M&V) en su obra *De Máquinas y Seres Vivos* (1973), para designar el régimen causal de cierto tipo de sistemas (sistemas que ellos denominaron "máquinas autopoiéticas"). Posteriormente este concepto ha sido redefinido en mayor en menor medida en diversas ocasiones, tanto por Maturana y Varela como por otros autores (e.g. Razeto-Barry, 2012). Una definición particularmente clara es la de Varela (1997), de acuerdo a la cual un sistema autopoiético, es decir un sistema que realiza autopoiesis, debe entenderse como:

> una red de procesos de producción (síntesis y destrucción) de componentes tal que estos componentes:
> 1) continuamente regeneran y realizan la red que los produce; y
> 2) constituyen al sistema como una unidad distinguible en el dominio en que ellos existen.
>
> (Varela, 1997: 75)

Mediante este concepto se pueden establecer las tesis principales de lo que podemos denominar *teoría autopoiétic*a. La primera de estas tesis afirma que: la autopoiesis es una condición necesaria y suficiente para caracterizar la organización que define a los sistemas vivos en tanto que sistemas vivos; es decir, los seres vivos son esencialmente sistemas autopoiéticos (de primer orden), o bien sistemas constituidos por sistemas autopoiéticos (sistemas autopoiéticos de segundo orden). La segunda tesis de la teoría autopoiética afirma que: los fenómenos biológicos son esencialmente todos aquellos eventos y procesos que inciden o dependen de la realización de la autopoiesis de al menos un sistema autopoiético.

Estas tesis de la teoría autopoiética constituyen el "núcleo firme" de un amplio programa de investigación, el *Programa de Investigación Autopoiético*, que articula y sistematiza diferentes ideas relativas a distintos aspectos de los seres vivos, tales como la reproducción, la herencia, la evolución, la cognición y la comunicación, por mencionar algunos ejemplos.

En lo que sigue, me propongo examinar algunas ideas relativas a la comunicación biológica que han surgido y se han desarrollado en el marco del programa de investigación autopoiético, y que han sido defendidas y aplicadas en contextos científicos tales como la robótica evolutiva o la biología sintética.

3.1.2 Sistemas autopoiéticos, dinámicas de acoplamiento estructural y comunicación

De acuerdo a M&V (1973, 1984), todo sistema autopoiético existe siempre acoplado estructuralmente y en interacción con su medio, de manera que a lo largo de su existencia un sistema autopoiético gatilla algunos cambios de estado en el medio, y a su vez responde con algunos cambios de estado ante perturbaciones provenientes del medio.

Dado que el medio de ciertos sistemas autopoiéticos incluye a otros sistemas autopoiéticos, distintos sistemas autopoiéticos pueden eventualmente interactuar y establecer entre sí dinámicas de acoplamiento estructural. La comunicación biológica, de acuerdo a M&V, tiene que ver precisamente con esas dinámicas de acoplamiento estructural entre sistemas autopoiéticos:

> "Los sistemas autopoiéticos pueden interactuar entre sí en condiciones que dan por resultado el acoplamiento conductual. En este acoplamiento, la conducta autopoiética de un organismo A pasa a ser fuente de deformación para un organismo B; y la conducta compensatoria del organismo B actúa, a su vez, como fuente de deformación del organismo A, cuya conducta compensatoria actúa, por su parte, como fuente de deformación para B, y así sucesivamente, en forma recursiva, hasta que se interrumpe el acoplamiento.
>
> De esta manera, se desarrolla una cadena tal de interacciones eslabonadas que, aunque la conducta de cada organismo en cada interacción es 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 la conducta acoplada. *Éstas son interacciones comunicativas*."
>
> (M&V, [1973] 1994: 115, el énfasis es mío)

En un trabajo posterior (escrito de manera más amable y con el propósito de llegar al gran público), M&V caracterizan al fenómeno de la comunicación en términos similares, pero agregando la noción de "coordinación":

> "Vamos a entender como *comunicación* al mutuo gatillado de conductas coordinadas que se da entre los miembros de una unidad social.
>
> […] Como observadores, designamos como *comunicativas* las conductas que se dan en un acoplamiento social, y como *comunicación*, la coordinación conductual que observamos como resultado de ella.
>
> […] Nuestra discusión nos lleva a concluir que, biológicamente, no hay "información transmitida" en la comunicación. Hay comunicación cada vez que hay coordinación conductual en un dominio de acoplamiento estructural."
>
> (M&V, [1984] 2002: 129-130, énfasis en el original)

Como ejemplo paradigmático de las interacciones comunicativas, M&V señalan los duetos vocales de las aves africanas. Los duetos son cantos o vocalizaciones altamente coordinados entre dos organismos, donde ambos contribuyen con frases propias a un cierto tipo de melodía específica a cada pareja, ya sea cantando simultáneamente o bien por turnos. En algunas especies "los duetos comprenden una larga serie de frases coordinadas, donde ambos miembros de la pareja hacen rápidos ajustes relativos al tiempo de producción y el tipo de vocalizaciones en respuesta a las vocalizaciones que su pareja va produciendo a lo largo del dueto" (Hall, 2009). Este ejemplo de comunicación ilustra perfectamente la idea de una dinámica de coordinación o acoplamiento conductual entre dos sistemas donde la conducta de uno influencia la conducta del otro, y viceversa, de manera recursiva y sostenida en el tiempo.

3.1.3 Recepción y ejemplos de aplicación

Estas ideas interaccionistas acerca de la CB no gozan de mucha popularidad en ámbitos como la etología o ecología evolutiva, donde la comunicación suele ser entendida como transmisión de información, o bien como influencia adaptativa. Sin embargo, estas ideas han sido influyentes en otros dominios de investigación, tal como la robótica evolutiva o la biología sintética, por ejemplo.

La robótica evolutiva es un campo de investigación interdisciplinario donde confluyen técnicas, métodos, conceptos, preguntas e intereses de investigación provenientes de las ciencias biológicas, las ciencias cognitivas, la inteligencia artificial y la ingeniería, entre otras disciplinas (Vargas et al., 2014; Harvey et al., 2005; Doncieux et al., 2015; Trianni et al., 2014). Uno de los grandes objetivos y quehaceres de la robótica evolutiva es el estudio de fenómenos biológicos y fenómenos "mínimamente cognitivos" mediante la realización de experimentos *in silico,* con "animats" u organismos artificiales inmersos en una "ecología sintética". Dentro de este campo de investigación, los trabajos pioneros de Ezequiel Di Paolo (1997a, 1997b) sobre la CB inauguran lo que hoy en día es una de las líneas de investigación importantes en robótica evolutiva. En estos trabajos, Di Paolo argumenta en contra de las aproximaciones tradicionales en el estudio de la comunicación (TIC y TEC) y en su lugar, basándose en los trabajos de M&V, aboga por adoptar una teoría autopoiética a la comunicación (TAC) donde esta se entienda como coordinación conductual entre dos o más sistemas acoplados estructuralmente. En estos trabajos, además, Di Paolo (1997a, b) realiza algunos experimentos computacionales donde un grupo de agentes artificiales llegan a coordinar sus conductas mediante el intercambio de señales, pudiendo en consecuencia realizar tareas que de manera individual resultan imposibles, y todo ello sin nada que pueda ser interpretado como transmisión de información —en sus modelos, la relación que los distintos agentes mantienen con el ambiente no da lugar a "asimetrías informacionales" entre los agentes que participan de las interacciones comunicativas.

TAC también ha sido defendida y utilizada como una guía para la investigación en el contexto de la biología sintética. La biología sintética es un campo de investigación y práctica científica muy diverso, donde una parte mayoritaria de la comunidad está centrada en el diseño, creación y modificación de sistemas biológicos para fines humanos (tecnológicos), pero otra parte de la comunidad persigue fines de carácter más teórico, como por ejemplo, contribuir a entender cuestiones tales como el origen de la vida, sus condiciones mínimas de ocurrencia, o la naturaleza y características de sistemas mínimamente cognitivos (Green, 2017; Bich & Frick 2018).

Dentro de la biología sintética, una interesante línea de investigación teórica y experimental se enfoca en el estudio de la CB, y particularmente, se interesa en las posibilidades de interacción entre células naturales y células diseñadas y sintetizadas artificialmente en el laboratorio. Uno de los grandes objetivos es crear o diseñar un sistema comunicativo mínimo, y por ello, resulta evidente la necesidad de contar con

un concepto claro y operacional de CB que pueda ser utilizado como guía de investigación, y sobre todo, como criterio a la hora de evaluar resultados y hallazgos. Es decir, resulta necesario contar con un criterio que ayude a responder preguntas tales como: ¿es realmente este nuevo sistema diseñado artificialmente un sistema de comunicación? Es en este contexto que Rampioni et al. (2014), pionero en la creación de células artificiales capaces de producir y emitir señales percibidas por células naturales (bacterias), defiende el programa de investigación autopoiético "como el marco teórico para una aproximación desde la biología sintética a la ingeniería de comunicación química entre células sintéticas y naturales" (2014: 337). De este modo, los procesos comunicativos se entienden como "dinámicas de perturbaciones y compensaciones recíprocas" (*ibid.*) y se afirma que "la especificidad que distingue estas interacciones de aquellas con el ambiente es aquella del acoplamiento estructural que conduce a 'conducta acoplada' o 'coordinada'" (*ibid.*).

Resulta interesante notar que el propio sistema artificial sintetizado por Rampioni et al. (2014) parece no satisfacer el criterio de CB derivado de TAC, puesto que: i) las células artificiales gatillan cambios en el estado de células naturales, pero ii) los cambios en las células naturales no gatillan cambios adicionales en el estado de las células artificiales, de modo que no estamos realmente en presencia de "coordinación conductual" en el sentido de una "dinámica de perturbaciones y compensaciones *recíprocas*". Sin embargo, en un modelo más reciente, sintetizado por Lentini et al., (2017), las células artificiales detectan y reaccionan ante la presencia de moléculas emitidas por bacterias (señales de *quorum sensig*), y a su vez producen y emiten otras moléculas que afectan la conducta de las bacterias, de modo que este modelo sí parece satisfacer el criterio de comunicación como coordinación conductual propio de TAC.

A continuación, y antes de pasar a la evaluación de las virtudes y defectos de TAC, vamos a examinar brevemente otra aproximación a la CB que comparte algunos elementos importantes con TAC.

3.2. Aproximaciones dinamicistas a la comunicación

En esta sección examinaremos las aproximaciones dinamicistas, que propone entender la CB como un cierto tipo de sistema dinámico, y más particularmente, un proceso relativamente complejo de interacciones co-reguladas entre dos o más agentes. Las aproximaciones dinamicistas a la comunicación, al igual que las aproximaciones dinamicistas a la cognición, rechazan las descripciones y explicaciones

computacionales y representacionales de la CB y proponen en su lugar descripciones y explicaciones dinámicas, haciendo uso de las técnicas y conceptos provistos por la Teoría de Sistemas Dinámicos.

3.2.1 Teoría de Sistemas Dinámicos

"Sistema dinámico" es una expresión que, en principio, designa a cualquier sistema que cambia en el tiempo. La *Teoría de Sistemas Dinámicos* (TSD), por otra parte, es una herramienta matemática para describir, explicar o predecir cómo cambian los sistemas a través del tiempo. Típicamente cuando se desea describir y explicar en términos de TSD el comportamiento de un sistema, primero hay que identificar los elementos del sistema, las dimensiones de cambio que puede tener, y las maneras de cambiar en cada dimensión. Dados estos elementos, se puede generar un "espacio de estados" o "espacio de fases", una representación de todos los posibles estados del sistema, y todas sus posibilidades de cambio. Todo cambio de estado del sistema se representa como un cambio en la posición en el espacio de estados. Finalmente, hay que identificar una regla de evolución, que describe cómo el sistema evoluciona o cambia de un instante a otro. El cambio o evolución de un sistema en el tiempo corresponde a una trayectoria dentro del espacio de estados (Shapiro, 2010).

Kelso (1995) describe un cotidiano pero interesante ejemplo de sistema dinámico: aceite calentado en una sartén. Al calentar la sartén, se produce una diferencia de temperatura entre la capa inferior de moléculas de aceite en contacto con la sartén, y la capa superior de moléculas. Cuando la diferencia de temperatura es baja, las moléculas del aceite se mueven aleatoriamente. Sobrepasado un umbral de temperatura, sin embargo, la superficie del aceite comienza a rodar y el comportamiento de las moléculas adquiere cierta regularidad. Se forman las estructuras conocidas como rollos de convección. En este ejemplo, la temperatura es un *parámetro de control*, porque la temperatura controla o afecta críticamente el estado de las moléculas de aceite. A su vez, la amplitud de los rollos de convección es referida como un *parámetro de orden* o *variable colectiva*, expresando así la idea de que la amplitud del los rollos es producto de elementos individuales en el sistema (las moléculas) que ahora muestran un comportamiento colectivo, coordinado u ordenado.

Lo interesante de este ejemplo es que ilustra dos importantes características que exhiben ciertos sistemas dinámicos. Primero, exhibe *emergencia* o *auto-organización*: la formación del patrón macromolecular ocurre de manera espontánea, el comportamiento coordinado de las moléculas no obedece a alguna instrucción, no hay

un "agente dentro del sistema" encargado de producir el orden (Kelso, 1995: 8). Segundo, este fenómeno exhibe un tipo de *circularidad causal* (es decir, un patrón cíclico de eventos causales): por una parte, el parámetro de orden es creado por y depende de la interacción de las partes individuales del sistema (las moléculas); y por otra parte, el patrón gobierna o constriñe el comportamiento de estas partes (Kelso, 1995: 9). Los rollos de convección aparecen como resultado del comportamiento de las moléculas individuales, pero el comportamiento individual de las moléculas está en función de los rollos de convección.

Finalmente, hay quienes ven una asociación entre esta noción de causalidad circular y la noción de *acoplamiento* (Shapiro, 2010: 117-118). Los sistemas acoplados son sistemas tal que el comportamiento de uno influye en el comportamiento del otro, y viceversa. Técnicamente hablando, en el contexto de TSD, dos sistemas están acoplados si las ecuaciones que describen la regla de evolución de cada sistema necesariamente involucran un término que describe el comportamiento del otro sistema. Esta situación de acoplamiento puede dar lugar a fenómenos de sincronización y coordinación, como en los caso de osciladores acoplados.

3.2.2 Aproximaciones dinamicistas a la comunicación

De acuerdo al cognitivismo, como vimos en el capítulo anterior, la conducta de los organismos debe ser descrita y explicada en términos representacionales, y más específicamente, en términos de computación o manipulación simbólica de estados con contenido representacional. En contraposición al cognitivismo, hay quienes rechazan las explicaciones computacionales y representacionales y en su lugar proponen describir y explicar la conducta en términos dinámicos, y particularmente, haciendo uso de las técnicas y conceptos provistos por la DST. Mientras la DST es una herramienta matemática, una técnica, el *dinamicismo* es un programa de investigación que, entre otras cosas, reclama un lugar privilegiado para la TSD en relación a la explicación de distintos fenómenos conductuales y cognitivos.

Un claro exponente del dinamicismo es el filósofo Tim van Gelder. El un influyente artículo titulado *The dynamical hypothesis in cognitive science*, van Gelder sostiene que: i) los agentes cognitivos *son* sistemas dinámicos; y ii) podemos y debemos entender la cognición en términos dinámicos, haciendo uso de los elementos de DST. En sintonía con esta propuesta, existen aproximaciones dinamicistas en relación a diferentes fenómenos, entre ellos habilidades motrices (Amazeen et al., 1998, Haken et al., 1985), desarrollo motor y cognitivo (Thelen, 1995; Thelen et al., 2001), imaginación (van Rooij

et al., 2002), interacción y coordinación social (Vallacher 1998, Amazeen el al., 1998, Helbing & Johansson 2009)… y comunicación.

En relativa sintonía con las propuestas dinamicistas como la de van Gelder (1998), y en parte inspirados por su propuesta, los primatólogos S. G. Shanker y B. J. King (S&K) publicaron en *Behavioral and Brain Sciences* (la misma revista donde apareció el articulo de van Gedler) una especie de manifiesto dinamicista sobre el estudio de la CB (S&K 2002). De acuerdo a esta teoría dinamicista de la comunicación (TDC), avanzada por S&K en este y otros trabajos[1], la comunicación no debe ser entendida como un proceso secuencial de codificación, transmisión, recepción y decodificación de información desde un emisor a un receptor mediante una señal, sino más bien como una *dinámica de interacciones recíprocas y recursivas.* La CB, dicen S&K, es esencialmente un *proceso co-regulación* entre distintos individuos tal como el que ocurre en el contexto del baile en pareja, donde cada bailarín continuamente ajusta y modula su comportamiento en relación al comportamiento de su pareja de baile. S&K señalan que la teoría informacional de la comunicación (TIC) se desarrolló a principios del siglo XX a partir de la *metáfora del telégrafo*, y ellos pretenden reemplazar esta metáfora por otra metáfora: *la comunicación como un baile en pareja*: en la comunicación "cada individuo continuamente interactúa con y cambia con respecto al otro, de modo que un patrón emerge a partir de esta mutua co-acción" (S&K 2002).

La propuesta de S&K ha tenido buena recepción en disciplinas tales como la lingüística, donde por ejemplo, De Bot et al. (2005, 2007) defienden TDC como un marco para entender la comunicación general, y el lenguaje humano en particular, aplicando los conceptos y metodología de DST a sus investigaciones acerca de la adquisición de una segunda lengua. Por otro parte, si bien en el ámbito de los estudios de comunicación animal la acogida no ha sido demasiado entusiasta ni favorable[2], en los últimos años se han desarrollado líneas de investigación en concordancia con esta aproximación dinamicista. Algunos ejemplos notables son los trabajos de Takashi et al (2013) donde fenómenos como los “turnos conversacionales” en díadas de monos titís se explican en términos de un sistema dinámico de osciladores acoplados. En la misma línea, Logue & Krupp (2016) han propuesto utilizar esta lógica explicativa para al fenómeno de duetos vocales en aves, ya mencionado más arriba.

[1] Shanker & King, (2002), King & Shanker, (2003); King, (2009).
[2] Ver, por ejemplo, las respuestas de numerosos biólogos, lingüistas, etólogos y filósofos publicadas en *Behavioral and Brain Sciences* en conjutno con el artículo de S&K (2002).

3.3 Virtudes y problemas de TAC y TDC

En principio, TAC y TDC son conceptualmente, teóricamente y metodológicamente distintas e independientes. Y sin embargo, al menos en cierto nivel de generalidad, ambas perspectivas coinciden en muchos puntos relativos a la comunicación, cognición y otros fenómenos[3]. Recorriendo caminos argumentales diferentes, ambas perspectivas confluyen en un rotundo rechazo a nociones tales como "codificación", "decodificación" y "transmisión de información", y en contraste con otras concepciones de la comunicación, ambas perspectivas enfatizan el carácter esencialmente interactivo y bidireccional de la comunicación. Y más importante aún, ambas perspectivas terminan por identificar la CB como un tipo de conducta colectiva coordinada que resulta de un proceso de influencia mutua y recursiva. Es en virtud de estos puntos en común que estas aproximaciones se han presentado en un mismo capítulo, y pueden considerarse conjuntamente al momento de evaluar sus virtudes y sus defectos en relación a los desiderata especificados para una TGC en el capítulo 1.

3.3.1 Virtudes de TAC & TDC: impecabilidad conceptual, operacionalidad y concordancia con la práctica científica

TAC y TDC poseen algunas virtudes y ventajas importantes sobre otras teorías de la CB. Por una parte, ambas teorías caracterizan la CB mediante conceptos claros, precisos y naturales. Por otra parte, ambas teorías proveen un criterio operacional de CB, en tanto especifican las interacciones comunicativas en términos de propiedades epistémicamente accesibles a los investigadores. Por último, y como consecuencia de lo anterior, no se observan grandes discrepancias entre lo que estas teorías comandan y lo que se observa en la práctica científica.

3.3.1.1 TAC y TDC son impecables conceptualmente

De acuerdo al desideratum de *Impecabilidad conceptual*, una adecuada TGC debe utilizar conceptos claros, precisos y admisibles desde la perspectiva del naturalismo metodológico. En el capítulo anterior vimos que el término "información" suele ser

[3] Dentro de las ciencias cognitivas hay muchas coincidencias y afinidades entre el dinamicismo y las perspectivas enactivas, y ambas se cuentan entre los pilares teóricos y conceptuales de la aproximación corporeizada a la cognición (Shapiro 2011).El enactivismo, por su parte, es una perspectiva que se desarrolla a partir del programa autopoiético: Francisco Varela, uno de los creadores de la teoría autopoiética, es también uno de los fundadores del enactivismo; y una de las tres principales corrientes enactivistas hoy en día corresponde al "enactivismo autopoiético", uno de cuyos exponentes resulta también ser un defensor de TAC: Ezequiel Di Paolo.

utilizado de manera vaga, confusa y ambigua dentro de la literatura sobre CB, y que el concepto semántico de información (contenido representacional) presenta características problemáticas dentro de un marco naturalista –lo que explica los distintos proyectos de naturalización que se han llevado a cabo (con discutible grado de éxito). Por ello, TIC no cumple con este desideratum.

En contraste, el concepto de autopoiesis en torno al cual se articula TAC, así como las nociones de acoplamiento estructural, perturbaciones recíprocas, o coordinación conductual corresponden conceptos relativamente claros en ciencias biológicas, definidos en términos de procesos y relaciones causales en o entre sistemas, y por tanto, conceptos no problemáticos en el marco del naturalismo metodológico. Similarmente, TDC caracteriza la noción de CB y de interacción comunicativa en mediante conceptos relativamente claros y precisos, tomados del aparataje conceptual de la TSD, y usados para describir y explicar diferentes fenómenos en el contexto de distintas disciplinas científicas.

En conclusión, tanto TAC como TDC parecen impecables conceptualmente.

3.3.1.2 TAC y TDC proveen criterios operacionales y concuerdan con la práctica científica

De acuerdo al desideratum de *Operacionalidad,* una teoría de la CB debe proveer un criterio de comunicación utilizable por los investigadores en el estudio de la CB. Y de acuerdo al desideratum de *Concordancia*, una teoría de la CB debe caracterizar y definir la comunicación de una manera que haya concordancia y no conflicto con la práctica o la metodología científica.

En el capitulo anterior vimos que TIC –y en el capítulo siguiente veremos que TEC– tiene problemas para satisfacer estos desiderata, puesto que define y caracteriza las interacciones comunicativas presentes en referencia a su historia evolutiva, pasada. Esta manera de entender la CB no provee un criterio operacional muy adecuado para determinar si un rasgo es una señal o si cierta interacción es una instancia de CB, ya que nos pide pesquisar el pasado y no el presente de dichas interacciones, y el pasado es difícil de acceder epistémicamente. Además, esto claramente contrasta con el modo en que de hecho opera la práctica científica, ya que los biólogos suelen identificar a ciertos rasgos como señales comunicativas atendiendo a las características presentes de dichos rasgos, sin atender al pasado evolutivo.

En contraste, TAC y TDC conceptualizan la CB en referencia a aspectos presentes, constituyentes del aquí y ahora de las interacciones comunicativas. Según estas teorías, para determinar si hay comunicación solo hay que determinar la ocurrencia de ciertos patrones conductuales de influencia recíproca y recursiva entre dos o más sistemas. La naturaleza comunicativa de una cierta interacción, de acuerdo a TAC y TDC, puede establecerse investigando precisamente dicha interacción. El énfasis en el presente de las interacciones comunicativas concuerda con el cómo de hecho los investigadores individúan y descubren la CB. De esta manera, TAC y TDC satisfacen los desiderata de *Operacionalidad* y *Concordancia*.

3.3.2 No es claro que TAC o TDC contribuyan a la sistematización y clasificación

Idealmente, una TGC debiese facilitar criterios objetivos para categorizar, clasificar y ordenar conceptualmente los distintos tipos de interacciones comunicativas y las señales involucradas. En la literatura sobre comunicación biológica se presentan distintas categorías de señales, tales como llamadas de alarma, llamadas de hallazgo de alimento, rituales de cortejo, etc. En el capítulo anterior vimos cómo TIC satisface este desideratum, pues propone clasificar a las señales en virtud de la información que transmiten –y en el próximo capítulo veremos que las teorías evolutivas-etiológicas de la CB también satisfacen este requerimiento.

En contraste, ni TAC ni TDC han generado un sistema de clasificación general y coherente de las interacciones comunicativas, y no es claro cómo la caracterización de la CB en términos de coordinación conductual pueda contribuir a generar o fundamentar una taxonomía de las señales que median los distintos tipos de interacciones comunicativas.

3.3.3 ¿Puede TAC, mediante el *determinismo estructural*, explicar AID?

Una TGC debería explicar características típicamente asociadas a la noción de señal comunicativa: *Arbitrariedad, Insuficiencia* y *Desproporcionalidad* (AID). A diferencia de TIC (que puede explicar estos atributos en virtud de las relaciones de codificación y decodificación del contenido representacional), no resulta claro que TDC sea capaz de explicar o dar cuenta de estas características de las señales comunicativas. Respecto de TAC, sin embargo, la situación en más compleja: a primera vista podría ser de ayuda recurrir al concepto de *determinismo estructural* (DE) y la correspondiente tesis de que *los sistemas biológicos son sistemas determinados estructuralmente*, que figuran en algunos desarrollos del programa autopoiético.

La noción de DE y la tesis de que los seres vivos son sistemas determinados estructuralmente son introducidas explícitamente por Maturana y Varela en el siguiente pasaje de *El Árbol del Conocimiento*:

> una perturbación del medio no contiene en sí una especificación de sus efectos sobre el ser vivo, sino que es éste en su estructura el que determina su propio cambio ante ella. Tal interacción no es instructiva porque no determina cuáles van a ser sus efectos. Por esto hemos usado nosotros la expresión *gatillar* un efecto, con lo que hacemos referencia a que los cambios que resultan de la interacción entre ser vivo y medio son desencadenados por el agente perturbante y *determinados por la estructura de lo perturbado*.
>
> (Maturana & Varela 1984: 64).[4]

Dado que los sistemas autopoiéticos son sistemas determinadas estructuralmente, sostienen M&V, los cambios que resultan en un sistema autopoiético producto de una interacción con algún elemento de su medio no están determinados por el elemento externo (solo están gatillados por él), sino que *están determinados internamente por el sistema*.

¿Cómo puede la tesis del DE ayudar a explicar AID (las características distintivas de las señales)? Pues bien, según TAC, las interacciones comunicativas corresponden a relaciones de acoplamiento estructural y perturbaciones mutuas, recíprocas y recursivas entre sistemas autopoiéticos. De acuerdo a la tesis del determinismo estructural, la respuesta de un sistema autopoiético (receptor) ante una señal no está determinada por la señal (elemento externo), sino por el estado o estructura interna del sistema receptor mismo. Y dado que la respuesta está determinada por el estado interno del receptor, no por la señal, se sigue que: i) una señal no es un elemento causalmente suficiente en relación a la respuesta que gatilla –si la estructura interna del sistema receptor fuese diferente, la misma señal podría no gatillar ninguna respuesta (*Insuficiencia*); ii) no tiene por qué haber una relación de proporcionalidad energética entre la producción de la señal y la producción de la respuesta –la "intensidad" con que el sistema receptor responde está determinada por su estructura interna (*Desproporcionalidad*); y iii) la asociación entre la señal y la respuesta a la señal

[4] La idea básica ha aparecido previamente en diferentes trabajos bajo distintas pero similares expresiones: "state-determined system" (Maturana 1975), "structure-specified system" (Maturana & Guiloff 1980), y también "structure-determined system" (Maturana 1978, 1988a, 1988b).

es "arbitraria" o "contingente", en el sentido de que, si la configuración o estructura interna del sistema autopoiético receptor fuese distinta, entonces la misma señal podría gatillar otras respuestas, o bien la misma respuesta se podría se podría gatillar mediante otras señales. De esta manera, suponiendo que la comunicación corresponde a ciertas interacciones entre sistemas autopoiéticos, TAC puede recurrir a la noción de DE y la tesis de que los sistemas autopoiéticos son sistemas determinados estructuralmente para dar cuenta de los atributos distintivos de las señales (AID).

Ahora bien, aunque la noción de DE ayuda a explicar y hacer sentido de AID, recurrir a esta noción introduce problemas considerables, entre ellos: i) que la noción de DE es demasiado general, y no es propia de los sistemas autopoiéticos (seres vivos), ni se aplica específicamente a las interacciones comunicativas; y ii) el significado mismo "DE" resulta muy oscuro.

Por una parte, tal como aclaran M&V, la noción de determinismo estructural no se aplica única o exclusivamente a los seres vivos. ¿A qué más se aplica? A cosas tan corrientes y cotidianas como "el automóvil, la grabadora, la máquina de coser, o el computador", por ejemplo (M&V, 1984: 64). Con un mayor nivel de generalidad, *la noción de determinismo estructural se aplica a todo sistema susceptible de explicación científica*: "si es que optamos por proponer una explicación científica, entonces las unidades que consideramos las suponemos determinadas estructuralmente" (M&V, 1984: 65). M&V ilustran mediante el siguiente ejemplo el papel de la estructura interna de un sistema en la determinación de los cambios que resultan de la interacción con elementos externos: “un choque serio contra un poste es una interacción destructiva para una citroneta, pero es una simple perturbación para un tanque” (1984: 65).

Ahora bien, si el DE se aplica no solo a los seres vivos, sino que a cualquier sistema, y no se aplica solo o específicamente a las interacciones comunicativas, sino que a toda clase de interacciones (¡incluyendo choques entre tanques y postes!) entonces no resulta claro que el DE pueda ofrecer la explicación que buscamos en relación a AID. Como vimos en el capítulo 1, la noción de señal es introducida para diferenciar interacciones propiamente comunicativas (como cuando un organismo desplaza a otro con sus gruñidos) de interacciones mecánicas simples, mediadas por fuerza bruta (como cuando un individuo desplaza otro por medio de empujones). La noción de señal puede jugar este rol, dada las características que típicamente se le atribuyen, tales como *Insuficiencia*, *Desproporcionalidad* y *Arbitrariedad*. Ahora bien, si estas características (AID) pueden explicarse como la consecuencia de que los organismos son sistemas

determinados estructuralmente, y por otra parte, cualquier cosa es un sistema determinado estructuralmente y el DE rige para toda interacción, entonces la relación entre cualquier acción sobre un sistema y el cambio producido por esa acción puede ser vista como *Arbitrario*, *Insuficiente* y *Desproporcional* –para utilizar el mismo ejemplo de M&V, podríamos decir que el choque con el poste es *insuficiente* para la destrucción o abolladura del auto, dado que si la estructural del auto fuese distinta (e.g. como la del tanque), entonces el choque no habría gatillado una abolladura o destrucción… y de manera similar se podría argumentar para las otras características.

Es decir, el modo en que TAC puede explicar AID mediante la noción de DE tiene la siguiente indeseable consecuencia: *Arbitrariedad, Insuficiencia* y *Desproporcionalidad* no son características distintivas de las señales comunicativas, sino que son características de toda perturbación externa en relación a cualquier sistema. Esta consecuencia, así como otros problemas asociados al DE, hace desaconsejable recurrir a esta noción.[5]

3.3.4 TAC y TDC son teorías extensionalmente inadecuadas

Una adecuada TGC debería: 1) incluir como instancias de CB todos aquellos fenómenos que intuitivamente parecen ser instancias de comunicación y que son así tratados en la práctica científica; y 2) excluir como instancias de comunicación todos aquellos fenómenos que intuitivamente nos parecen interacciones no comunicativas y que son clasificados así en la práctica científica. Los problemas para satisfacer el primer punto resultan de conceptualizar la CB haciendo referencia a alguna propiedad o característica *innecesaria* para la CB; y el problema para satisfacer el segundo punto resulta de conceptualizar la CB haciendo en términos de propiedades o características en conjunto *insuficientes* para la CB.

Un problema importante para TAC y TDC es que resultan extensionalmente inadecuadas, y fallan tanto en el primer punto como en el segundo recién mencionado. En particular, estas teorías caracterizan las interacciones comunicativas como esencialmente bidireccionales, pero la bidireccionalidad no es una característica

[5] En Frick (2013) he argumentado que: i) no es claro el estatus meta-teórico del DE dentro del programa autopoiético (no está claro si se postula como un principio ontológico, epistemológico, metodológico-heurístico, o trascendental); ii) tampoco es claro el estatus teórico del DE (aunque suficiente, no parece ser *necesario* para derivar las principales tesis del programa autopoiético ni para comprender la noción misma de autopoiesis); iii) ni es claro el significado mismo de "DE", siendo las interpretaciones posibles que están más a la mano, o bien triviales o bien evidentemente falsas. La conclusión fue que el DE no forma parte del "núcleo firme" del programa autopoiético, y que tal noción debe abandonarse.

necesaria de la CB. Por otra parte, estas teorías entienden la comunicación esencialmente como un proceso de coordinación conductual, pero esto es una condición insuficiente para la CB.

3.3.4.1 La *bidireccionalidad* es una condición innecesaria para CB

El modelo más abstracto y general de comunicación es aquel en que el sistema involucra un *emisor* que emite alguna una *señal* que afecta de algún modo a un *receptor*. De acuerdo a este modelo de emisor-señal-receptor (ESR), el que la *señal* S emitida por un sistema E sea recibida por y afecte de cierto modo a un sistema R es una condición suficiente para la comunicación. Sin embargo, este esquema resulta inadecuado desde la perspectiva de TAC y TDC.

Di Paolo (1997b) ilustra el caso considerando la dinámica que se establece entre semáforos y conductores de vehículos. Cuando un semáforo emite luz roja, los conductores se detienen; cuando el semáforo emite luz verde, los conductores avanzan. ¿Podríamos describir este caso en términos de comunicación o "coordinación conductual"? De acuerdo a Di Paolo, esta situación no se parece a la dinámica propia de las interacciones comunicativas, principalmente porque se trata de un *proceso de influencia unidireccional*: la conducta de los conductores es afectada por y depende de la conducta del semáforo, pero la conducta del semáforo es independiente de la conducta de los conductores (la dinámica de cambios del semáforo será la misma, sin importar si los conductores se detienen o no al ver las luz roja)[6]. En contraposición a la *unidireccionalidad* sugerida por el modelo ESR (y el caso de semáforo-automovilistas), TAC enfatiza en la *bidireccionalidad* de la comunicación. Las interacciones comunicativas dentro de esta aproximación son descritas como un "mutuo gatillado de conductas coordinadas" (M&V, 2002 [1984]: 129), "una cadena de interacciones eslabonadas" (M&V, 1994 [1973]: 115), o una situación de acoplamiento donde "la conducta autopoiética de un organismo A pasa a ser fuente de deformación para un organismo B; y la conducta compensatoria del organismo B actúa, a su vez, como fuente de deformación del organismo A, cuya conducta compensatoria actúa, por su parte, como fuente de deformación para B, y así sucesivamente" (*ibid*).

[6] Como buenos filósofos, obviemos que ciertos aspectos de la conducta de algunos semáforos (como la frecuencia de cambio y la duración de las luces) de hecho cambia en relación ciertos aspectos de los conductores (densidad del flujo vehicular).

Por otra parte, el énfasis en la bidireccionalidad también es una de las características distintivas de TDC, tal como lo explica Miklósi (2002):

> "there is a difference between the two models in how they treat communicative interactions. In my view, the main difference is that [TIC] takes communication as a one-way process without being interested in the effect of the receiver's feedback on the sender. In contrast, the DST model places more emphasis on the feedback effects by modeling communication as a two-way process.
>
> (Miklósi, 2002: 33)

Desde luego, muchísimos casos de comunicación (e.g. duetos vocales, danzas de cortejo, rituales de amenaza, etc.) presentan este carácter complejo y bidireccional, al menos cuando son analizados en cierto nivel de detalle. En estos casos, conceptualizar el fenómeno unidireccionalmente en términos de solo un emisor, una señal y la respuesta de un receptor, puede ser una simplificación demasiado grande, arriesgando ocultar aspectos esenciales del fenómeno. ¿Significa que debemos abandonar el modelo ESR como el esquema general y abstracto para conceptualizar la CB? No necesariamente. El modelo ESR puede complejizarse según sea necesario, por ejemplo, especificando que los roles de emisor y receptor pueden ser alternados consecutivamente por los sistemas que participan de la interacción comunicativa, de manera tal que la respuesta del receptor en un instante es tratada como la señal del emisor en el instante siguiente. Tal sería el caso de los duetos vocales, muchos de los cuales se caracterizan por un sistema de turnos de señalización. Incluso en complejos casos de comunicación bidireccional multi-modal, podría ser posible caracterizar a un individuo como teniendo el rol de emisor respecto de cierto tipo de señales y el rol de receptor respecto de otras, en cierto instante. Por tanto, en principio TAC y TDC resultan compatibles con el marco general del modelo ESR –lo cual explica, por ejemplo, que en las investigaciones guiadas por TAC (ver sección 3.1.3) se siga hablando de señales y respuestas.

Sin embargo, el problema con TAC y TDC es que no todas las instancias de comunicación son igualmente complejas, interactivas y bidireccionales, y hay casos en que el clásico modelo ESR en su versión más simple parece adecuado —es decir, la bidireccionalidad no es una *característica necesaria* para conceptualizar la CB. Cuando una hormiga A deja un rastro de feromonas y esto influencia de cierto modo la conducta de otra hormiga B (B avanza por el camino de feromonas dejado por A), tenemos una

instancia de CB pese a que la conducta de B no influencie de vuelta la conducta de A. Similarmente, cuando un mono Vervet A emite un llamado de alarma correlacionado con la presencia de leopardos y otro mono Vervet B responde subiéndose a un árbol, tenemos un caso de CB incluso si esta conducta de B no es percibida por A ni lo influencia de vuelta. Casos como estos constituyen ejemplos paradigmáticos de CB (Box 1.1), y parecen descriptibles adecuadamente en términos de un proceso de influencia unidireccional. Al caracterizar la CB en términos de bidireccionalidad, TAC y TDC excluyen a estos casos como instancias de CB, y por tanto, resultan extensionalmente inadecuadas.[7]

3.3.4.2 La *coordinación conductual* es una condición insuficiente para la CB

Consideremos la siguiente situación entre una gacela y un león al acecho:

> (1) el león, al acecho de la gacela, agazapado tras las hierbas, estornuda; (2) el estornudo es escuchado por la gacela, que dirige su mirada hacia la fuente del sonido, y al ver el león, comienza a correr; (3) el león, al ver a la gacela emprendiendo su carrera, comienza a su vez a correr tras ella; (4) la gacela corriendo a toda velocidad, al ver que el león se aproxima, modifica la dirección de su carrera; (5) en respuesta a este cambio de rumbo, el león también modifica el curso de su carrera… y así prosigue la situación hasta que eventualmente el león caza la gacela, o bien el león abandona la carrera y la gacela huye del león.

Esta situación claramente corresponde al caso donde la conducta "de un organismo A pasa a ser fuente de deformación para un organismo B; y la conducta compensatoria del organismo B actúa, a su vez, como fuente de deformación del organismo A, cuya conducta compensatoria actúa, por su parte, como fuente de deformación para B, y así sucesivamente, en forma recursiva, hasta que se interrumpe el acoplamiento" (M&V, 1994 [1973]: 115). Sin embargo, las interacciones predador-presa son casos paradigmáticos de *interacciones no comunicativas* (Marler, 1967; Wiley, 1994).

[7] Todo proceso de comunicación involucra al menos una señal emitida por un emisor y recibida por un receptor, incluso aunque hay procesos de comunicación más complejos que involucran más de una señal y una respuesta, o más de una modalidad sensorial, o intercambio de roles de emisor/receptor y señal/respuesta. Por tanto, el modelo ESR puede entenderse como un esquema general y abstracto que describe la estructura de un *sistema comunicativo mínimo* capaz de describir adecuadamente una gran cantidad de interacciones comunicativas, y que puede ir complejizándose en la medida en que sea necesario.

El criterio de "coordinación" o "acoplamiento conductual" en torno al cual se articulan TAC y TDC no resulta suficiente para capturar adecuadamente el concepto de CB, ni discriminar las interacciones comunicativas de otro tipo de dinámicas conductuales de influencias mutuas, recíprocas, recursivas y co-reguladas. Por tanto, TDC y TAC resultan teorías inadecuadas extensionalmente.

3.4 Recapitulación y balance general

TAC entiende la CB como un proceso de coordinación conductual producto del acoplamiento estructural entre dos o más sistemas autopoiéticos. En sintonía con esta perspectiva, TDC entiende la CB como un complejo proceso de interacciones co-reguladas entre dos sistemas tal como el que ocurre en un baile en pareja, donde cada bailarín regula o ajusta su conducta en respuesta a la conducta de su pareja de baile.

Ambas aproximaciones caracterizan la comunicación en términos de conceptos relativamente claros, precisos, y aceptables dentro de un marco naturalista. Además, al centrarse en características presentes en el aquí y ahora de la interacción comunicativa, TAC y TDC describen la CB en términos que no contradicen y son consistentes con el modo en que se estudia la CB en la práctica científica. En sí esto es una virtud de estas teorías, y una ventaja considerable en comparación a otras teorías de la CB.

Sin embargo, TAC y TDC enfrentan problemas importantes. Primero, no es claro que estas aproximaciones puedan proveer criterios objetivos que faciliten las labores de sistematización, clasificación y ordenamiento de las señales comunicativas. Segundo, parece que ni TDC ni TAC pueden ofrecer una explicación acerca de los atributos distintivos de las señales comunicativas (AID). Finalmente, dado que la *bidireccionalidad* enfatizada por estas aproximaciones es una característica innecesaria para la CB, y dado que la *coordinación* o *acoplamiento conductual* mediante la cual ambas aproximaciones conceptualizan la comunicación es una condición insuficiente para la CB, TAC y TDC resultan inadecuados extensionalmente.

4. Teoría evolutiva-etiológica de la comunicación

Comunicación como influencia funcional-evolutiva

En este capítulo se examinará la aproximación a la comunicación basada en la noción de *manipulación* o *influencia sensorial*, donde estas nociones, a su vez, se entienden en términos evolutivo. Lo primero será aclarar que el concepto de manipulación es aplicable a diversos organismos –bacterias y plantas, inclusive–con independencia de sus capacidades cognitivas, y debe entenderse en términos funcionales, y más específicamente, en términos evolutivos (sección 4.1). Un organismo manipula o influencia a otro organismo si modifica el comportamiento de éste último mediante algún rasgo favorecidos por selección natural en virtud de tener este efecto –es decir, mediante una *señal*.

En la sección 4.2 se discutirán las principales virtudes de esta teoría evolutiva-etiológica de la comunicación (TEC), tales como su impecabilidad conceptual, su rol en el ordenamiento y sistematización de interacciones comunicativas, así como la ventaja relativa que presenta sobre otras teorías en adecuación extensional.

La sección 4.3 está reservada para los problemas más importantes de TEC, que surgen como una consecuencia directa de definir la comunicación biológica en términos evolutivos y adaptacionistas. Estos problemas son inadecuación extensional, inoperacionalidad y discordancia con la práctica científica, que serán discutidos a la luz de casos específicos en el estudio de la comunicación, como las controversias en torno a un sistema de comunicación ultrasónico entre ratas infantes y su madre, y la investigación y modelamiento de sistemas de comunicación sintetizados artificialmente.

4.1 Aproximaciones a la comunicación basadas en la influencia o manipulación

"Al observar el modo en que los animales gastan su tiempo, llama la atención cuánto de él gastan ya sea influenciando, o siendo influenciados por, el comportamiento de otros animales –en otras palabras, en alguna forma de comunicación", escribió Marian Dawkins (1995: 71), en una manera que elocuentemente refleja la idea central

de la aproximación a la comunicación basada en la influencia: en el fondo, la comunicación es una cuestión de *influencia*.

Los orígenes de la aproximación a la comunicación basada en la influencia funcional (ACIF) pueden rastrearse hasta "*Animal Signals: Information or Manipulation?*", un influyente artículo publicado en 1978 por los ecólogos conductuales Richard Dawkins y John Krebs (D&K), donde por una parte argumentaron en contra de TIC (llegando a sugerir que en los estudios de comunicación animal "quizá lo mejor sería abandonar el concepto de información"), y por otra parte, sugieren que la CB debe ser entendida en términos de *influencia* o *manipulación* que un organismo ejerce sobre otro (Dawkins & Krebs, 1978: 309).

El punto principal de D&K es que el comportamiento comunicativo, como cualquier otra clase de comportamiento, es favorecido por selección natural en virtud de contribuir al fitness de quien lo realiza. Así, desde un punto de vista evolutivo, los organismos que emiten señales (es decir, los emisores) no son seleccionados en virtud de proveer información a otros organismos (receptores), sino que son seleccionados en virtud de influenciar a los receptores de manera tal que los mismos emisores resulten beneficiados, evolutivamente hablando. La causa última de las señales no es proveer información a los receptores, sino más bien influenciarlos.

Otro punto importante –enfatizado recurrentemente por los defensores de ACIF– es que la comunicación ocurre en el dominio de las interacciones mediadas sensorialmente. La "importancia clave de los sistemas sensoriales en la comunicación" es ilustrada por H.M. Schaefer & G.D. Ruxton (2011) mediante el siguiente ejemplo: "si una abeja es disuadida de aterrizar en una flor a causa del modo en que huele, entonces esto es comunicación; pero si la abeja es imposibilitada de acceder al néctar de la flor por la estructura física de la flor, entonces esto no es comunicación" (2011: 3-4). "Manipulación", "hipnosis" o "influencia" son los términos que utilizan D&K para enfatizar la distinción entre las interacciones propiamente comunicativas de aquellas interacciones donde un organismo modifica el comportamiento de otro organismo mediante la "fuerza bruta". En palabras de D&K:

> "communication is said to occur when an animal does something […] to influence the sense organs of another animal."
> "communication, which we use interchangeably with 'signaling', could be characterized as a means by which an animal makes use of another animal's muscle power."

(D&K, 1978: 283)

La existencia y reproducción de los animales requiere que éstos interactúen con y utilicen distintos elementos de su ambiente. Cuando el elemento en cuestión es una cosa inanimada, el único recurso disponible para un animal es su fuerza física (así, un animal mueve, detiene, jala, empuja... distintos tipos de cosas). Sin embargo, cuando trata con otro objeto animado, además de su fuerza física el animal tiene la posibilidad de explotar o hacer uso de los sentidos y músculos de tal objeto animado. Y en muchas situaciones la influencia sensorial será una mejor estrategia (evolutivamente hablando) que la mera fuerza bruta, pues, como sostiene Morton (2017: 8), "la señalización substituye o reemplaza el comportamiento que es energéticamente costoso".

Consideremos, por ejemplo, el caso de las señales reproductivas: un animal puede ahorrar una considerable cantidad de energía al quedarse cantando desde un punto en vez de recorrer su territorio buscando una pareja (Morton 2017). O consideremos el caso de las señales de agresión en situaciones de competencia por algún recurso: ahuyentar o disuadir a un rival mediante la emisión de alguna señal resulta considerablemente menos costoso que desplazar al rival mediante fuerza física, en un combate. Lo esencial de las interacciones comunicativas, de acuerdo a ACIF, es un tipo de influencia conductual ejercida por el emisor mediante la estimulación sensorial del receptor.

En este momento resulta pertinente clarificar algunos puntos. Primero, el término "influencia" (o "manipulación") corresponde a un concepto operacional que no implica la adscripción de estados mentales o representacionales a los organismos involucrados en la comunicación, ni está restringido solo a animales, sino que en principio es aplicable a la relación entre organismos de cualquier tipo. Segundo, el concepto de "influencia" (y por tano, la noción misma de CB), es entendido en términos funcionales, y más precisamente, en términos de historia evolutiva. Y tercero, en su versión minimalista, ACIF es una aproximación centrada en el emisor: las señales comunicativas evolucionan en virtud de favorecer o ser funcionales al emisor. Estos tres puntos deben entenderse claramente para poder apreciar y discutir las virtudes y los problemas de ACIF, y por tanto, serán examinados y discutidos en mayor detalle en las secciones que siguen a continuación.

4.1.1 "Influencia" no implica adscripción de estados mentales ni se restringe a animales

Cuando D&K (1978) definen "comunicación", ellos siempre refieren a *animales*: ocurre comunicación "cuando un animal hace algo para influenciar los órganos sensoriales de otro animal"; la comunicación es "un medio por el cual un animal hace uso del poder muscular de otro animal" (D&K, 1978: 283). Por otra parte, el empleo de palabras como "manipulación" podría inducirnos a creer que en la comunicación necesariamente hay ciertas facultades mentales o representacionales en juego.

El primer punto es problemático, porque implicaría que ACIF es una teoría extensionalmente inadecuada (excluyendo como comunicación a todas las interacciones que ocurren entre organismos no animales). El segundo punto es problemático porque introduciría *trade-offs* entre la adecuación extensional y la concordancia con ciertos aspectos de la metodología científica (e.g. *Canon de Morgan*) como los discutidos en el capítulo 2. Sin embargo, como veremos en lo que sigue, estos no son problemas de los que deban preocuparse los defensores de ACIF.

4.1.1.1 "Influencia" no se restringe a animales

Si bien D&K hablan de animales, lo que dicen acerca del concepto de influencia sensorial (o manipulación) en principio es aplicable a la relación entre organismos de cualquier tipo, sin importar su nivel de complejidad. De este modo, ciertas interacciones entre bacterias o ciertas características de algunas plantas, por ejemplo, suelen describirse en términos de influencia o manipulación.

La reproducción de muchas plantas requiere que otros organismos, polinizadores, se muevan en el mundo de cierta manera. Consecuentemente, distintas plantas poseen una variedad de estructuras que influencian sensorialmente a distintos tipos de insectos y aves de modo tal que estos contribuyen a su reproducción. El *mimetismo pouyaniano* ocurre en diversas especies de orquídeas, donde estas posen estructuras con similar forma, pilosidad y/o olor a las hembras de ciertas especies de insectos, de modo que los machos de estas especies son atraídos e influenciados a involucrarse en conductas de pseudocopulación con la flor. (Schaefer & Ruxton, 2009). La orquídea *Chiloglottis trapeziformis*, por ejemplo, atrae a los machos de la avispa *Neozeleboria cryptoides* mediante la emisión de un compuesto químico idéntico a una feromona sexual normalmente producida por la avispa hembra. En el proceso de pseudocopulación, el macho entra en contacto con la antera y queda cubierto de polen. La próxima vez que el macho es atraído por una orquídea, traslada los polinios de la

primera flor a la segunda (Schiestl et al., 2003). En suma, la orquidea manipula o influencia sensorialmente al macho.

El concepto de manipulación también ha sido utilizado para caracterizar interacciones comunicativas en bacterias (Keller & Surette, 2006, Duan et al., 2009). Un caso ilustrativo ocurre en la formación de placa dental en la cavidad oral humana. *Streptococcus gordonii* y *Veillonella atypica* son dos tipos de bacterias típicamente presentes en los primeros episodios de colonización. Se ha observado que *V. atypica* es incapaz de colonizar la superficie dental a menos que *S. gordonii* esté presente. *S. gordonii* puede fermentar azúcares mediante diferentes mecanismos, uno de los cuales produce ácido láctico, mientras *V. atypica* es incapaz de fermentar azúcares, pero tiene como fuente de carbono preferida el ácido láctico. Se ha demostrado que *S. gordonii* libera sustancias químicas solubles que induce en *V. atypica* la producción de amilasa, incrementando así la degradación de carbohidratos complejos y la producción de ácido láctico. Hasta donde se sabe, esta actividad metabólica reporta costos pero ningún beneficio directo a *S. gordonii* (Egland et al., 2004, Keller & Surette, 2006, Duan et al., 2009). Es decir, *V. Atypica* influencia a *S. gordonii*, modificando el comportamiento para su propio beneficio.

4.1.1.2 "Manipulación" no implica adscripción de estados mentales o representacionales

¿Cuál es el importe cognitivo que trae consigo la noción de "manipulación"? ¿Implica adscripción de estados intencionales (tales como creencias o deseos) a los organismos comunicantes? (de Sousa, 2008, Mitchell, 1986). Sería problemático si su aplicación implica adscripción de estados intencionales, pues, como vimos, el concepto de manipulación es utilizado para describir interacciones mediadas sensorialmente en distintos tipos de organismos pertenecientes a distintos niveles de complejidad, incluyendo plantas y bacterias, y no parece razonable —o en el mejor de los casos, resulta controversial— atribuir estados intencionales a entidades como plantas o bacterias (cf. Calvo & Keijzer, 2009). Describir y explicar la conducta de plantas o bacterias en términos de creencias o deseos constituiría una violación del *Canon de Morgan* referido en el capítulo 2; y tratar de evitar esto restringiendo el concepto de manipulación a animales cognitivamente sofisticados causaría que ACIF sea una teoría de la CB extensionalmente inadecuada.

Este tipo de preocupaciones han surgido recurrentemente en biología en relación a una serie de términos importados desde ámbitos sociales distintivamente humanos

para caracterizar fenómenos que ocurren en diversos tipos de organismos, tales como "altruismo", "egoísmo", "engaño" o "trampa". Por ejemplo, Ghoul et al., (2014) comentan en relación al termino "cheating":

> "A potential problem with the term *cheat* is that it is anthropomorphic and implies cognitive intent where there is not (Bronstein, 2001; Bshary and Bronstein, 2004). In particular, individualls are often referred to as cheats, in cases where they lack the cognitive ability to intentionally cheat and gain fitness, such as bacteria, slime molds, plants, and many animals."
>
> (Ghoul et al., 2014: 319).

Sin embargo, por lo general estos términos, una vez que han sido introducidos y aceptados dentro de las ciencias biológicas, suelen ser purgados de sus implicaciones y connotaciones antropocéntricas y cognitivistas, siendo definidos de manera más o menos precisa solo haciendo uso de conceptos conductuales y evolutivos, sin ninguna referencias a nociones psicológicas (e.g. West et al., 2007). Por ejemplo, ya hemos visto como en biología la noción de *beneficio* no supone ni depende de la categoría psicológica de *interés*, sino que refiere a una *contribución positiva al fitness* de un organismo (es decir, de sus probabilidades objetivas de sobrevivir y reproducirse). Decir, en el contexto de la biología evolutiva, que tal o cual evento beneficia o es beneficioso para cierto organismo, simplemente significa que el evento en cuestión aumenta su fitness. Y lo mismo corre, *mutatis mutandis*, con la noción de perjuicio, i.e. reducción en el fitness.

De modo similar, la noción de manipulación no implica *intenciones* (malevolentes, ni de ninguna otra clase) de parte de los receptores, sino que es entendida por D&K y otros defensores de ACIF en términos estrictamente *funcionales*, y más particularmente, *evolutivos*:

> "It should be clear that we did not use the term 'manipulation' to imply conscious thought or intention by the actor, but merely to describe a hypothesis about evolutionary selection pressures on signals".
>
> (Krebs & Davies, 1993: 371)

Este aspecto funcional-evolutivo relativo a la concepción de comunicación como influencia o manipulación es de máxima importancia, y merece tratamiento aparte, en la próxima sección.

4.1.2 Comunicación como influencia: un concepto funcional-evolutivo

Un aspecto central de ACIF es que "influencia" es utilizado como un concepto *funcional*. Para decir que un sistema A influencia a un sistema B por medio de una señal S, es necesario pero no suficiente que S gatille un cambio de estado en B. Adicionalmente, es necesario que S tenga la función biológica de gatillar tales cambios de estado. Así, la comunicación es una cuestión de *influencia funcional*.

El concepto de función fundamenta una distinción muy importante en biología de la comunicación, a saber, aquella entre *señales* (*signals*) y *pistas* (*cues*). Tanto las señales como las pistas gatillan cambios en sistemas biológicos, sin embargo, solo las primeras tienen la función biológica de gatillar tales cambios. Por ejemplo, las conspicuas llamadas que emiten los machos de las ranas Túngara atraen a las hembras, pero también atraen a murciélagos depredadores de ranas. Al respecto, los científicos dicen que los machos de las ranas Túngara se comunican con las hembras que se aparean con ellos, pero no con los murciélagos que se los comen. En relación a las hembras, sus llamadas son *señales*; en relación a los murciélagos, sus llamados son solo *pistas*.

Ahora bien, ¿qué significa que un cierto rasgo tenga cierta función? Esta pregunta constituye uno de los mayores desafíos en filosofía de la biología, y se han desarrollado varias teorías al respecto. Sin embargo, en este contexto, virtualmente todos los defensores de ACIF se han comprometido con una teoría en particular, a saber, la teoría etiológica de las funciones biológicas (TEF), ya examinada en el capítulo 2. Básicamente, TEF define la función de un rasgo en términos de su etiología (i.e. su historia causal): la función de un rasgo es el efecto de las instancias pasadas del rasgo que explica la presencia del rasgo en el presente. Como vimos anteriormente, en su versión más popular, TEF refiere al proceso evolutivo de selección natural. La función de un rasgo es producir aquellos efectos por los cuales las ocurrencias pasadas del rasgo fueron naturalmente seleccionados, es decir, aquellos efectos específicos que contribuyeron a la sobrevivencia y reproducción de los ancestros de los organismos a los cuales el rasgo pertenece. (Millikan, 1989; Neander, 1991; Godfrey-Smith, 1994).

TEF es la teoría de las funciones más popular en el contexto de los estudios de CB[1]. Y en el caso particular de ACIF, virtualmente todos sus defensores —implícita o explícitamente— adscriben a alguna forma de TEF, entendiendo las funciones como

[1] La influyente distinión hecha por Otte (1974) en este contexto, entre *funciones* y meros *efectos*, calza perfectamente con TEF: "*Function* designates the special action of any part of a living organism that evolved because such action fostered survival or reproduction. An *effect*, on the other hand, is a mere by-product of a characteristic" (Otte 1974: 385).

"efectos seleccionados", y los rasgos funcionales como *adaptaciones*, es decir, rasgos que han sido naturalmente seleccionados en el pasado evolutivo. D&K (1978: 283) caracterizan la comunicación en términos de acciones que son "resultado de la selección para influenciar los órganos sensoriales" de otros organismos. Krebs & Davies (1993: 373) definen comunicación en términos de rasgos "específicamente diseñados para modificar el comportamiento de otros" (la expresión "diseñados para" debe entenderse aquí como "seleccionados en virtud de"). Owren et al. (2010), los defensores contemporáneos de ACIF más populares, caracterizan así su posición: "la definición basada en la influencia esencialmente establece que cualquier comportamiento con una función evolutiva de influenciar a otro individuo califica como señalización". Scott Philips & Kirby (2013: 430-31), por otro lado, a la hora de definir la noción de señal en términos funcionales refiere explícitamente a la versión de TEF desarrollada por Millikan (1984).

Una de las principales virtudes de TEF es su capacidad de identificar, entre todo el conjunto de sus efectos, cuales son las funciones de un rasgo, trazando una frontera entre funciones y efectos accidentales de un rasgo. Pese a que el corazón bombee sangre *y* produce un sonido —para considerar el ejemplo clásico— podemos decir que el corazón tiene la función de bombear sangre y no de hacer ruido (esto es un efecto accidental, no funcional), dado que fue bombear sangre, y no hacer ruido, el efecto en virtud del cual los organismo con corazón fueron favorecidos por selección natural en la población ancestral.

En consecuencia, es posible formular en términos evolutivos la diferencia entre pistas y señales, tal como Diggle et al. (2007) proponen en el contexto de la comunicación inter-celular:

> a signal is defined as 'any act or structure that alters the behaviour of other organisms [and] which evolved owing to that effect […]'. This definition distinguishes a signal from a cue where the production of substance X by cell A has not evolved owing to its effect on cell B."
>
> (Diggle et al., 2007: 1242)

Así, es posible afirmar que las llamadas que emiten los machos de las ranas Túngara son *señales* para las hembras, pero *pistas* para los murciélagos, puesto que fue en virtud de atraer a ranas hembras, y no en virtud de atraer a murciélagos, que la emisión de estas llamadas fue seleccionada naturalmente en el pasado, y es eso lo que explica su existencia en el presente.

De momento hemos estado hablando de la aproximación a la comunicación basada en la influencia funcional (ACIF). Sin embargo, dado que la noción de influencia funcional es universalmente conceptualizada en términos etiológicos-evolutivos, de aquí en lo que sigue de este capítulo nos referiremos a esta aproximación como la *teoría evolutiva-etiológica de la comunicación* (TEC).[2]

4.1.3 Versiones *centradas en el emisor* y versiones *cooperativas* de TEC

D&K suelen hablar de los receptores como siendo "manipulados", "hipnotizados" o "explotados" por los emisores. Dada las connotaciones que poseen en su uso corriente en el lenguaje ordinario, estas palabras podrían erróneamente hacer pensar que los receptores resultan perjudicados al ser "manipulados". Por ello, incluso aunque D&K (1978) clarificaron que la manipulación no necesariamente es algo malo para los receptores[3], algunos defensores de TEC sugieren abandonar palabra "manipulación" y conservar en su lugar la palabra más genérica y neutral de "influencia":

> "as a term that is equally applicable to both competitive and cooperative co-evolutionary circumstances. Whereas ''manipulation'' implies that signals have a consistently detrimental effect on perceivers, we stress that signaler influences may be either detrimental or beneficial, and that both outcomes are likely common"
>
> (Owren et al., 2010: 772)

Pero importantemente Owren et al. (2010) están de acuerdo con D&K en favorecer una perspectiva de la CB *centrada en el emisor*, de acuerdo a la cual solo el emisor es un beneficiario necesario de las interacciones comunicativas, lo que en términos evolutivos quiere decir que: (a) la señal emitida por el emisor necesariamente evolucionó debido a las respuestas que gatilla en el receptor; pero (b) la respuesta del receptor no necesariamente evolucionó en virtud de ser gatillada por la señal.

En contraste con esta perspectiva *centrada en el emisor*, algunos autores favorecen una perspectiva *cooperativa* de la CB, sosteniendo que la "verdadera comunicación"

[2] Por un lado, esta nomenclatura está en sintonía con el modo en que algunos de los defensores y críticos de esta aproximación la llaman –"the adaptationist approach", cf. Scott-Philips (2008), Carazo & Font (2010), Fisher (2011). Por otro lado, esto nos permitirá distinguir de manera más fácil entre la aproximación a la comunicación basada en la influencia funcional (ACIF) en que la noción de influencia funcional se interpreta en términos evolutivos, de otras versiones de ACIF donde la noción de influencia funcional se interpreta en términos no evolutivos.

[3] "Natural selection favours individuals who successfully manipulate the behaviour of other individuals, whether or not this is to the advantage of the manipulated individuals" (Dawkins & Krebs, 1978: 309).

debe ser funcional tanto para el emisor como para el receptor. En esta línea, Maynard-Smith and Harper (2003) y Scott-Philips (2008) han propuesto una definición de la CB basada en la influencia que ha sido llamada "la definición *completamente* adaptacionista" de la CB, puesto que demanda que el acto comunicativo sea adaptativo para ambas partes (Carazo & Font 2010). La definición completamente adaptacionista del a CB establece lo siguiente:

> El sistema A se comunica con el sistema B por medio de la señal S, si y solo si:
> i) cuando al estar presencia del rasgo S del sistema A, ocurre un cambio de estado en el sistema B;
> ii) el rasgo S del sistema A ha sido seleccionado naturalmente en virtud de producir un cambio de estado en el Sistema B;
> iii) la respuesta del sistema B ha sido seleccionada en virtud de ser gatillada por el rasgo S

Aunque todos los defensores de TEC están de acuerdo con la primera y segunda cláusula, hay desacuerdo respecto de la tercera cláusula. La versión de TEC centrada en el emisor solo incluye las cláusulas i) y ii). La versión de TEC cooperativa incluye las tres cláusulas.

Dado que la discusión y los argumentos que siguen en la próxima sección se aplican a ambas versiones de TEC, aquí no resulta necesario adjudicar entre la *perspectiva cooperativa* y la *perspectiva centrada en el emisor.* Por tanto, y solo por cuestiones de simplicidad, a la hora de evaluar y discutir las virtudes y defectos de AIB nos concentraremos en una versión de TEC centrada en el emisor, de acuerdo a la cual la ocurrencia de CB mínimamente implica un receptor respondiendo a una señal, que es el rasgo de un emisor cuya presencia gatilla alguna respuesta en el receptor y ha sido seleccionado naturalmente en virtud de provocar tal respuesta.

4.2 Virtudes y defectos de TEC

4.2.1 Virtudes: Impecabilidad conceptual, sistematización, mejor adecuación extensional que TIC

Entre las virtudes de TEC figuran importantemente la claridad, precisión y naturalidad de sus conceptos, la posibilidad de generar y fundamentar un sistema de clasificación para ordenar las señale comunicativas. Comparativamente, además, TEC parece mejor que TIC en términos de adecuación extensional.

4.2.1.1 TEC es impecable conceptualmente

De acuerdo a Noble (1998), un importante atractivo de TEC radica en la simplicidad de los conceptos que utiliza para caracterizar la CB, basándose en dinámicas conductuales vez de en nociones semánticas:

> Krebs and Dawkins's definition [...] focuses solely on observable behaviour and does not require the ascription of anything like beliefs and desires to communicating animals. [...] such definitions are parsimonious: they are behaviourist in spirit and thus avoid the troublesome issues of imputing mental states to animals and ascribing specific content to signals.
>
> (Noble, 1998: 42)

En efecto, TEC conceptualiza la CB solo en términos conductuales y evolutivos, y por tanto, en términos bastante claros, precisos y aceptables dentro de un marco naturalista. En sí mismo esto constituye una virtud de esta aproximación a la CB, y resulta además una ventaja comparativa al contrastar lo que sucede, por ejemplo, con TIC, que entre otras cosas, implica atribución y determinación de contenido informacional a las señales, y el problemático concepto de representación.

4.2.1.2 TEC provee un criterio objetivo de clasificación de señales

El estudio de la comunicación biológica implica, entre otras cosas, ordenar la diversidad de señales existentes en distintas categorías específicas, tales como: *señales de alarma, señales de cortejo, señales de comida, señales de amenaza,* etc. De acuerdo a la aproximación informacional, las señales se clasifican en virtud de su contenido informacional (Stegmann, 2013: 2): una señal de comida es una señal que porta información acerca de comida, una señal de alarma anti-predatoria es una señal que lleva información acerca de (o representa) la presencia de predadores, etc. Por otra parte, TAC y TDC, que rechazan la caracterización de la CB, no se mostraron igualmente competentes para generar o fundamentar un sistema coherente de clasificación. ¿Es posible categorizar las señales comunicativas sin necesidad de acudir a algún concepto de información?

Es posible. Desde la perspectiva de TEC, *las señales pueden clasificarse en virtud del comportamiento que las señales tienen la función evolutiva de producir,* es decir, en virtud de la influencia funcional específica de tal señal. De esta manera, una señal se clasifica como: una *señal reproductiva* (*mating signal*) si tiene la función evolutiva de

atraer a un conespecífico del sexo puesto y/o probabilizar la reproducción con él o ellas; una *llamada de alarma* (*alarm call*) si tiene la función de provocar comportamientos de alerta o huida; una *llamada de comida* (*food call*) si evolucionó en virtud de producir comportamientos relativos a la búsqueda de alimento; o una *señal de amenza* (*treat signal*) si fue seleccionada por producir conductas de retirada en rivales, etc.

El sistema de clasificación que resulta coincide con el utilizado en la práctica científica, y resulta más general y completo que el sistema de clasificación guiado estrictamente por la aproximación informacional, dado que TEC extensionalmente es más adecuada (ver próxima sección). Así, además de contener una categoría correspondiente a cada categoría definible en términos de información, tiene categorías indefinibles en términos de información, y por tanto, tal como la categoría de *señal de enmascaramiento*, donde caen las señales que tienen la función de provocar que el receptor deje de percibir o atender señales de un organismo rival, y más genéricamente, *señales de interferencia*, que agrupa a las señales cuya función es interrumpir o impedir la comunicación entre el receptor de la señal y otro sistema.

4.2.1.3 Mejor adecuación extensional que TIC, TAC y TDC

En el capítulo 3 vimos que la teoría autopoiética y dinamicista de la comunicación (TAC y TDC) tienen problemas para distinguir interacciones propiamente comunicativas de otros tipos de interacciones, más accidentales. Cuando un león, agazapado tras las hierbas al acecho de una gacela, estornuda, de modo que la gacela lo escucha y escapa, no decimos que ocurre comunicación, ni decimos que el estornudo es una señal, incluso aunque el estornudo tenga un efecto y modifique el comportamiento de la gacela. El elemento que falta en TAC y TDC, y que sí está presente en TEC, es la noción de *función*. Es en base a esta noción que podemos excluir el estornudo del león como *señal*, dejándolo relegado a la categoría de mera *pista*. Al poder diferenciar entre pistas y señales, TEC es extensionalmente más adecuada que TAC y TDC.

Por otro lado, según vimos en el capítulo 2, hay fenómenos que intuitivamente cuentan como comunicación y son así tratados en la práctica científica, pese a que difícilmente puedan ser descritos como instancias de transmisión de información. Las señales vibratorias de enmascaramiento e interferencia emitidos por los machos de insectos membrácidos son un buen ejemplo (Horisk & Cocroft, 2013). Cuando un macho está en una situación de rivalidad con otro macho, además de la señal vibratoria reproductiva dirigida a la hembra, emite un segundo tipo de señal vibratoria que interfiere con y enmascara la señal del otro macho. Lo que provoca un macho al emitir

estas señales vibratorias es que la hembra ya no responda a las señales de su rival reproductivo, el otro macho. Mientras esta clase de señales constituyen un contra-ejemplo para TIC, ellas encajan perfectamente dentro de la categoría de señal a la luz de TEC, puesto que: i) las señales vibratorias modifican el comportamiento de la hembra (ella deja de atender a las señales de su rival); y ii) las señales (probablemente) fueron favorecidas por selección natural en virtud de influenciar de ese modo el comportamiento de las hembras. Así, TEC parece ser una teoría extensionalmente más adecuada que TIC.

4.2.2 Potenciales problemas: señales miméticas y señales semánticas

En la sección anterior vimos cómo TEC puede adecuadamente excluir fenómenos que inadecuadamente quedan incluidos en TAC y TDC, y cómo puede dar cuenta de fenómenos comunicativos que quedan excluidos de TIC, y arribamos a la conclusión preliminar de que TEC es una teoría extensionalmente más adecuada que sus rivales. Sin embargo, es posible pensar en ejemplos de CB que a primera vista apunten en la dirección contraria respecto de TIC. Dos casos potencialmente problemáticos para TEC, pero no para TIC serían: el caso de las señales miméticas (camuflaje) y el caso de las señales semánticas.

4.2.2.1 Camuflaje: ¿Señales que no influencian?

En el mundo natural existe un sinnúmero de instancias de camuflaje (también referido como cripsis), en que un organismo, por medio de rasgos morfológicos, fisiológicos o conductuales, puede mimetizarse con su entorno y evitar así ser detectado por otros organismos —típicamente sus depredadores o sus presas. El camuflaje suele ser considerado como un tipo de señal (Hanson, 1994), lo que puede presentar problemas para las aproximaciones basadas en la influencia, en comparación a lo que sucede en TIC. El camuflaje, de acuerdo a TIC, puede entenderse como un tipo de señal engañosa:

> the camouflage is an evolved adaptation which changes an animal that once did not signal to one that signals "I am a leaf, or other piece of background, and not edible"
>
> (Maynard-Smith & Harper, 1995: 307)

Ahora bien, ya que parece difícil afirmar que la conducta de un organismo está siendo influenciada sensorialmente por otro organismo que le resulta imperceptible, el

camuflaje parece constituir un caso de contra-ejemplo para TEC. Sin embargo, en defensa de TEC es posible argüir que los rasgos responsables del camuflaje del organismo críptico, putativo emisor, han sido propagados y mantenidos por la selección natural en virtud de estimular sensorialmente al receptor de una manera muy específica, a saber: de modo tal que este se comporte como se comportaría si el emisor no estuviese allí. La influencia ejercida por la señal de camuflaje resulta evidente cuando analizamos la situación en términos contrafácticos: si el emisor no estuviese camuflado, entonces el predador se comportaría distinto (e.g. si el insecto no estuviese camuflado, entonces el ave habría desplegado conductas predatorias, y probablemente se lo habría comido, en vez de seguir de largo). Así, TEC puede dar cuenta del camuflaje en tanto fenómeno comunicativo.

4.2.2.2 Casos de comunicación que sí involucran información semántica

En reacción contra TEC y defensa de TIC, Seyfarth et al. (2010) señalan casos de fenómenos comunicativos donde la mejor explicación disponible resulta ser una que involucra información semántica:

> Although a leopard's growl and Diana monkey leopard alarm calls are very different acoustically, the monkeys respond as if they judge them to be similar (similar, at least, in the sense that responding to one call type produces habituation to the other; Zuberbühler et al., 1999). An exclusive focus on call acoustics cannot explain these results. They are, however, consistent with the hypothesis that listeners acquire information from a call, store it in memory, and respond to subsequent vocalizations depending on some combination of acoustic features, information provided by the current vocalization and context, and information stored in memory.
>
> Seyfarth et al., (2010: 5)

Si concedemos el punto a Seyfarth et al. (2010), y aceptamos que hay fenómenos comunicativos cuya explicación necesariamente involucra información semántica (quizá la comunicación humana es un ejemplo indiscutible), de esto no se sigue que dichos fenómenos no sean a su vez caracterizables en términos de influencia. La tesis central de TEC es que la influencia funcional, y no la transmisión de información semántica, es la característica esencial y definitoria de la CB.

Algunos defensores de TEC además han sugerido restringir o abandonar totalmente el concepto de información en el contexto del estudio de la CB, pero esto no es lo sustancial de TEC. Owings & Morton (1997, 1998), por ejemplo, agudos críticos de TIC y defensores de TEC, proponen un modelo de comunicación basado en la influencia (*the assessment/management approach*) en que los mecanismos cognitivos de procesamiento de información son reconocidos como una manera posible, pero no necesaria (hay otras maneras), mediante la cual los emisores pueden ejercer influencia sobre los receptores.

Así, el punto de Seyfarth et al., (2010) no es efectivo como una crítica contra TEC, que sugiere que la influencia funcional, y no la transmisión de información semántica, es la característica general y definitoria de la CB. Y por las mismas razones, el punto de Seyfarth et al., (2010) tampoco funciona como una defensa de TIC, que define la comunicación en términos de la transmisión de información semántica: del hecho que *algunos* fenómenos comunicativos involucren información semántica no se sigue que *todos* los fenómenos comunicativos involucren información semántica, y por tanto, que la información semántica deba ser considerada un atributo esencial y definicional de la CB en general.

4.2.3 Problema: TEC parece no explicar AID

Idealmente, una TGC debe arrojar luz sobre algunas características distintivas de las interacciones comunicativas tales como la *Arbitrariedad*, *Insuficiencia* y *Desproporcionalidad* de la señal emitida por el emisor en relación a la respuesta gatillada en el receptor (AID). En el capítulo 2 vimos cómo TIC puede dar cuenta de estas características en términos de las nociones de codificación y decodificación de contenido representacional. En el capítulo 3 vimos que en sí misma TDC no provee una explicación de estas características, mientras TAC podría recurrir a la noción de determinismo estructural, pero ello introduciría problemas importantes. Ahora bien, ¿qué hay de TEC al respecto, puede explicar aquellas características distintivas de las señales?

La respuesta no es clara. Por una parte, algunos teóricos de TEC han enfatizado la diferencia que existe entre las interacciones propiamente comunicativas y las interacciones conductuales donde un organismo modifica la conducta de otro mediante “fuerza bruta”. En una interacción comunicativa un organismo "influencia los órganos sensoriales" de otro organismo y "hace uso de su poder muscular" (D&K, 1978: 283), y de esta manera, una señal comunicativa "reemplaza un comportamiento

energéticamente costoso" (Morton 2017: 8). Esta perspectiva sintoniza muy bien con la idea de las señales como siendo arbitrarias, insuficientes y energéticamente desproporcionales en relación a las respuestas que producen. Sin embargo, estos teóricos de TEC, al no haber considerado de manera explícita el asunto, parecen dar por supuestas estas características de la comunicación en vez de proveer una explicación o dar luces al respecto.

Por otra parte –en su rechazo a la idea de que la cualidad distintiva de la CB es la trasmisión de información– otros defensores de TEC han cuestionado la idea de que la estructura física de una señal sea arbitraria en relación a la respuesta que tiene la función de producir (Morton & Coss, 2013), y han enfatizado en la *influencia directa* que algunas señales ejercen en virtud de sus propiedades físicas. Por ejemplo, el modelo de comunicación propuesto por Owren & Rendall (1997. 2001) establece dos categorías de señales: las señales que causan respuestas condicionadas (donde la asociación entre señal y respuesta es el resultado de un proceso de condicionamiento); y las señales que causan respuestas incondicionadas (es decir, señales que están necesariamente asociadas a sus respuesta, en virtud de sus características físicas y las características físicas del sistema perceptual del receptor). Respecto de señales acústicas del primer tipo, sostienen "[l]a forma más básica de usar el sonido para influenciar el comportamiento de otros necesariamente debe ser producir energía acústica que, en sí y por sí misma, tenga un efecto" (Owren & Rendall 2001: 61). Estos autores han ilustrado esta idea considerando la comunicación vocal de primates (que incluye las llamadas de alarma anti-predatoria, ver Box 1.1), donde se encuentran una serie de características acústicas (brevedad, inicios abruptos, grandes variaciones de amplitud, etc.) que gatillan de manera directa ciertos cambios conductuales en el receptor. Este énfasis en la "influencia directa" y en las asociaciones necesarias entre ciertas señales y ciertas respuestas parece contrariar las ideas de arbitrariedad, insuficiencia y desproporcionalidad de las señales.

Finalmente, Sacarantino (2013) ha argumentado que la definición de comunicación provista por TEC incluye interacciones mecánicas, mediadas por fuerza bruta, como instancias de CB. Cuando dos ciervos compiten por recursos, suelen intercambiar gruñidos durante un tiempo prolongado, hasta que uno de ellos se marcha rendido y el otro se queda con los recursos (Clutton-Brock and Albon 1979). Sin embargo, hay ocasiones en que los ciervos combaten y un ciervo termina empujando al otro ciervo, desplazándolo físicamente del lugar de sus recursos. Según Scarantino (2013), TEC no logra dar cuenta de la diferencia entre ambas interacciones, pues tanto

los gruñidos como los empujones tienen el efecto de desplazar a los rivales y garantizar el acceso a los recursos (alimenticios, reproductivos, etc.), y probablemente ambos comportamientos fueron favorecidos por selección natural en virtud de este efecto. Es decir, los empujones cuentan como señales según el criterio de TEC. Y dado que un empujón no parece ser arbitrario, insuficiente ni desproporcional en relación a sus efectos (el desplazamiento del rival), se sigue que TEC no puede dar cuenta de AID.[4]

4.3 Problemas derivados de caracterizar la CB en términos evolutivos

En esta sección se argumentara que TEC sufre de múltiples problemas, todos los cuales derivan de la caracterización de la CB en términos evolutivos-etiológicos. Al definir las señales comunicativas en términos de su pasado evolutivo, TEC resulta incapaz de proveer un criterio operacional de comunicación, resulta discordante con la práctica y algunos importantes aspectos de la metodología científica, y posee problemas de adecuación extensional.

4.3.1 Discordancia entre TEC y la práctica científica

Si, de acuerdo con TEC, por definición todas las señales son adaptaciones (para gatillar ciertas respuestas en ciertos sistemas), si la comunicación es esencialmente el resultado presente de ciertos procesos evolutivos pasados, entonces cada vez que identificamos una interacción entre dos o más entidades biológicas como una instancia de comunicación estamos haciendo referencia a la historia evolutiva de dicha interacción. De esto se sigue, como señala Di Paolo (1999: 20-21), que "no importa cuán ritualizada o similar a otros casos conocidos de comunicación" sea una interacción entre ciertos organismos, ella "no puede ser considerada una instancia de comunicación hasta que se haya averiguado su valor adaptativo o postulado su historia selectiva". De manera similar, al momento de proponer un concepto de CB en la línea de TEC para la investigación de comunicación en bacterias, Diggle y colaboradores establecen el siguiente requerimiento:

[4] Scarantino (2013) presenta este caso como un contra-ejemplo para TEC: es evidente que los gruñidos son señales y los empujones no. En su reemplazo, él propone una teoría híbrida entre TEC y TIC, según la cual las señales son rasgos que tienen la función (evolutiva) de influenciar el comportamiento de otro organismo *mediante o a través su contenido informacional*. Lo propio de las señales es modificar el comportamiento de otros individuos en virtud del contenido informacional que portan; los empujones, en cambio, producen cambios a través de otros medios, a saber "a través de interacciones mecánicas" (Scarantino, 2013: 78).

> "when we see cell A produce a substance X that elicits a response in cell B, it is tempting to conclude that the substance produced is a signal […however] to demonstrate that substance X is a signal and not a cue, it is necessary to show that it evolved owing to the response it elicits."
>
> (Diggle et al., 2007: 1242)

De acuerdo a esta propuesta, debería esperarse que cuando un científico describa una interacción como comunicación, éste lo haga respaldado en evidencia evolutiva. Sin embargo, esto no es lo que ocurre en la práctica científica, ni actualmente ni en el pasado. Desde un punto de vista histórico es interesante notar que mucho antes de contar con una teoría evolutiva, muchísimo antes de Darwin, distintos tipos de interacciones biológicas fueron ya identificadas y descritas como casos de comunicación (Laidre & Johnstone, 2013, Fögen, 2014). Por otra parte, cuando en la actualidad un biólogo describe cierta interacción como comunicativa, raramente lo hace como resultado de un estudio evolutivo o en base a evidencia evolutiva. Los estudios acerca de la historia evolutiva de las señales y la conducta comunicativa no son abundantes[5], y suelen realizarse luego de que el rasgo en cuestión ya ha sido reconocido como una señal, y la interacción que dicho rasgo media como una instancia de comunicación. Por ejemplo, la historia evolutiva de la comunicación bioluminiscente en luciérnagas ha sido revelada solo recientemente (Branham et al., 2001), pero la caracterización del fenómeno en términos de comunicación se estableció mucho tiempo atrás (e.g. Lloyd, 1966). Así, encontramos una notoria discordancia entre TEC y el modo en que de hecho procede la práctica científica.

Esta discordancia entre lo que uno esperaría ver de acuerdo a TEC y lo que de hecho observamos en la práctica científica, puede verse como el resultado de imponer estándares epistémicos demasiados altos, que derivan de entender las señales como (una sub clase de) adaptaciones. En efecto, el conocimiento evolutivo es difícil de conseguir, y solo después de laboriosas investigaciones es posible llegar a sostener hipótesis adaptativas razonables y biológicamente informadas (Willimas 1966, Gould and Lewontin 1979). Incluso hay casos en que el pasado evolutivo resulta prácticamente inaccesible. Por tanto, averiguar la historia evolutiva de un rasgo, y determinar si es o no una adaptación, en general resulta muy difícil y en algunas

[5] Cf. Clark (2018) en referencia a la versión cooperativa de TEC: "According to these three criteria, an animal signal can be identified through experiments that demonstrate a benefit to sender, a benefit to receiver, and that it has evolved. Demonstrating all three of these criteria has been done for relatively few signals, and even fewer sonations" (2018: 84).

ocasiones constituye una tarea imposible. Al conceptualizar la CB en términos de la historia evolutiva, y las señales como adaptaciones, TEC hace que sea muy difícil para los biólogos determinar si un cierto rasgo es o no una señal, y qué interacciones cuentan realmente como casos de comunicación.

4.3.2 TEC confunde la pregunta de qué es la CB con la pregunta de cómo se origina

Ante la pregunta de qué es una interacción comunicativa, TEC responde apuntando al modo en que tal interacción (probablemente) ha evolucionado. Sin embargo, la descripción y caracterización de un fenómeno y la explicación de su origen parecen ser cosas distintas. De acuerdo a Salmon (1998), por ejemplo, es posible distinguir entre explicaciones que cuentan la historia que conduce a la ocurrencia de un fenómeno (es decir, *explicaciones etiológicas*), y explicaciones que proveen un análisis causal del fenómeno mismo (*explicaciones constitutivas*). Al definir la CB en términos adaptacionistas (haciendo referencia a cierta historia de selección natural), TEC está confundiendo la caracterización operacional, constitutiva, del fenómeno de comunicación con una posible —y plausible— explicación del origen de dicho fenómeno (Di Paolo, 1997a, b).

A su vez, esta confusión epistemológica da lugar a serios problemas metodológicos. Si las señales por definición deben ser consideradas productos de la selección natural, entonces la pregunta por la posibilidad del surgimiento de una señal a través de procesos evolutivos neutrales, no selectivos, queda excluida como sin sentido. Pero esto es realmente problemático en relación a la metodología de la biología evolutiva, donde la explicación del origen y la mantención evolutiva de cualquier rasgo requiere testear diferentes hipótesis concernientes a la evolución de dicho rasgo, y en particular, supone evaluar comparativamente la hipótesis adaptativa según la cual el rasgo en cuestión es una adaptación, contra la hipótesis nula, no-selectiva, según el rasgo no es una adaptación, sino que: el rasgo evolucionó por deriva, o es el resultado de constricciones genéticas, o un sub-producto de otros rasgos del organismo, etc. (ver Lloyd, 2015; Pigliucci & Kaplan, 2000). Ahora bien ¿si esta es la norma para el estudio de todos los rasgos biológicos, por qué las señales deberían ser una excepción?[6]

[6] Cf. Fitch (2014: R10): "it is easier to observe a perceiver's response to a signal than to rigorously determine if a particular signal is an adaptation: adaptation is an 'onerous concept' to be invoked only after plausible alternatives have been ruled out".

Mientras la pregunta acerca de cómo se origina una señal o sistema comunicativo es una pregunta interesante que parece requerir una respuesta *a posteriori*, fruto de investigación empírica, la manera en que TEC conceptualiza la CB en términos de selección natural implica una respuesta *a priori* a esta pregunta, excluyendo de ante mano la posibilidad de una repuesta neutral, no selectiva, lo cual entra en conflicto con la metodología de la biología evolutiva.

Ahora bien, más allá de estos problemas epistemológicos y metodológicos de TEC que resultan de la definición adaptacionista de CB, y más allá de que en la práctica los científicos no suelen emitir juicios acerca de CB como resultado de o con respaldo en estudios evolutivos, uno se podría preguntar: ¿Es realmente concebible para un científico estudioso de la CB la existencia de una señal comunicativa que no sea una adaptación, sino que, por ejemplo, un sub-producto de otros rasgos del organismo? Después de todo, si respecto de cierto rasgo considerado como una señal ,en algún momento se demostrase que es un sub-producto incidental, y por tanto, un rasgo que no fue seleccionado en virtud de influenciar a otro organismo, quizá el científico no dudaría en remover a este rasgo de la categoría biológica de *señales*, ¿o sí?.

En la próxima sección examinaremos en cierto detalle una reciente controversia científica acerca del origen evolutivo de un muy estudiado fenómeno comunicativo entre ratas infantes y sus madres mediante vocalizaciones ultrasónicas

4.3.3 Un estudio de caso: vocalizaciones ultrasónicas de ratas infantes como señales comunicativas carentes de función evolutiva

Las ratas recién nacidas son animales altricales, con limitadas habilidades locomotoras y termoregulatorias, y altamente dependientes de su madre y sus compañeros de camada para mantener el calor corporal. Cuando una rata infante queda aislada del nido, ella comienza a emitir vocalizaciones ultrasónicas[7] (VUs) alrededor de los 40-kHz. La madre puede oír estas VUs y responde a ellas buscando a la rata infante, cogiéndola de la parte posterior del cuello y llevándola de vuelta al nido.

Cuando se consideran en su conjunto, estos hechos sugieren la presencia de un interesante caso de comunicación madre-hijo, en que la : la rata infante (emisor), mediante VUs (señal) influencian a la madre (receptor). En razón de esto, desde hace mucho tiempo la emisión de VUs de ratas infantes se ha utilizado para medir déficits de

[7] Es decir, vocalizaciones cuyas ondas de sonidos poseen frecuencias más altas de aquellas audibles por los seres humanos.

habilidades comunicativas en modelos de ratas de ciertos desórdenes neuropsiquiátricos (Scattoni et al., 2009, Silverman et al., 2010). El notable ajuste entre el comportamiento de la rata infante, sus necesidades fisiológicas y el comportamiento de la madre, sugiere que las VUs de las crías tienen la función de gatillar el comportamiento de búsqueda en la madre —tal como requiere la caracterización de la CB propuesto por TEC. De acuerdo a la teoría etiológica, que caracteriza las funciones como efectos seleccionados, decir que las VUs tienen la función de gatillar comportamiento maternal de búsqueda, significa que las VUs han sido naturalmente seleccionadas en virtud de su capacidad de gatillar tal comportamiento. De hecho, esta es precisamente la historia selectiva postulada para explicar adaptivamente este rasgo (e.g. de Ghett 1978).

Hasta aquí todo va bien para TEC. Sin embargo, las cosas pueden ser más complicadas de lo que parecen a primera vista. Después años investigando variados aspectos de las vocalizaciones de la rata noruega (*Rattus norvegicus*), Mark Blumberg y sus colaboradores llegaron a la conclusión de que las VUs no son una adaptación de la rata infante para influenciar el comportamiento de su madre, sino más bien son el sub-producto acústico incidental de un proceso fisiológico relacionado con la termorregulación. Antes de pasar a examinar las implicancias de esta idea para nuestra discusión, será bueno revisar algunos detalles importantes de esta historia.

Primero, una cría aislada comienza a emitir VUs principalmente cuando se enfría: cuando es testeada bajo condiciones de temperatura similares a las que normalmente ocurren en su nido las crías aisladas no emiten USV, o lo hacen en considerable menor medida. Así, dado que la temperatura es la variable crítica en la evocación y modulación de la respuesta vocal de las ratas infantes, entender los efectos de la hipotermia es un parte importante de entender el contexto en el cual las VUs son producidas. Dos importantes efectos de la hipotermia tienen que ver con el corazón y la sangre: por una parte, en tanto el músculo cardiaco se enfría, tanto la rapidez como la fuerza de sus contracciones disminuyen; y por otra parte, en la medida en que la sangre se enfría se pone más gruesa, más viscosa y por tanto más difícil de bombear a través de los conductos sanguíneos. Por ello, la sangre tiende a quedarse en las venas periféricas en vez de retornar al corazón, de modo que la habilidad de la cría de bombear sangre oxigenada a su cuerpo se ve severamente comprometida.

Desde luego, cuando una rata infante confronta esta crítica situación, retornar al calor del nido mediante la influencia del comportamiento maternal parece una solución

perfecta: “la vocalización ultrasónica es la manera que tiene el neonato de lograr termorregulación conductual antes de que él desarrolle termorregulación fisiológica” (de Ghett, 1978: 361). Ahora bien , la verdad es que las ratas infantes disponen de algunos medios propios para hacer frente a estas complicaciones cardiovasculares derivadas del enfriamiento: existe un proceso relativamente simple y común a muchos animales que puede ayudar a mantener el output cardiaco durante situaciones fisiológicamente estresantes como el enfriamiento extremo, a saber, una maniobra fisiológica conocida como la reacción de compresión abdominal (RCA) (Youmans et al. 1974). Durante la RCA, los músculos abdominales se contraen mientras la laringe se cierra, lo que produce un aumento de la presión intra-abdominal, lo que a su vez causa que la sangre periférica sea estrujada de vuelta al corazón.

En base a una serie de experimentos, Blumberg y sus colaboradores concluyeron que los ultrasonidos de las ratas infantes son producidos incidentalmente, como un efecto de las rápidas contracciones abdominales mientras la laringe está cerrada durante la expiración: “la vocalización ultrasónica de la ratas infante es un sub-producto acústico de una maniobra fisiológica que es evocada en respuesta a un desafío cardiovascular” (Blumberg & Sokoloff, 2001: 88). Si esto es así, entonces la emisión de VUs no es el resultado de un proceso evolutivo en que el rasgo en cuestión fue favorecido por selección natural en virtud de influenciar el comportamiento de la madre. Es decir, las VUs no son una adaptación. Más bien, la maniobra fisiológica del RCA fue seleccionada en algún punto de la historia evolutiva como una adaptación termorreguladora, y como consecuencia, las ratas infantes emiten VUs en ciertas situaciones de riesgo como un subproducto de realizar RCA en esas situaciones.

Ahora bien, aunque no haya habido selección para la emisión de VUs, probablemente la respuesta materna gatillada por las VUs sí sea una adaptación (Blumberg, 2009: 125). Mientras las crías son sordas a sus propias UVS, la curva de escucha de la madre está específicamente ajustada a la frecuencia de las vocalizaciones de las crías, y varios estudios de playback han mostrado que las VUs por sí solas son capaces de gatillar el comportamiento de búsqueda en las madres. De acuerdo a Blumberg:

> “selective pressure on the mother's hearing sensitivity and propensity to retrieve pups may have been more significant than the selective pressure

on pups to modify their ultrasonic emissions during isolation from the nest"

(Blumberg & Albert, 1997: 234).

Es importante señalar que pese a contar con evidencia fisiológica, farmacológica y neurológica a su favor (Schwarting & Wöhr 2012), la hipótesis de las VUs como subproducto aún no ha sido universalmente aceptada (ver Shair & Jasper 2003; Arch & Narins 2008). No obstante la falta de consenso, este caso de todos modos resulta importante, pues nos permite examinar la reacción de los científicos que estudian comunicación ante la propuesta de que una putativa señal no es una adaptación sino que un subproducto.[8]

De acuerdo a TEC, para demostrar que algo es una señal y no una pista, es necesario demostrar que evolucionó debido a la respuesta que gatilla (cf. Diggle et al., 2007: 1242). Por tanto, si hay evidencia de que las VUs de la crías no han evolucionado debido a la respuesta que gatillan, sino que son solo un subproducto acústico incidental de una respuesta fisiológica a la hipertermia, entonces deberíamos concluir que las VUs de las crías son pistas y no señales; y que, en consecuencia, las interacciones madre-infante mediadas por las VUs no constituyen una instancia de CB. Sin embargo, hasta donde sabemos, ningún científico ha propuesto remover estas interacciones madre-infante de la categoría de la comunicación. Por el contrario, los científicos involucrados en esta discusión concuerdan en que el hecho de que sean un subproducto incidental no-seleccionado, no nos impide continuar pensando acerca de las VUs como señales que median interacciones comunicativas entre la cría y la madre. El mismo Blumberg, por ejemplo, enfatiza en que la naturaleza incidental de las VUs "no impide el desarrollo de una relación comunicacional entre el infante y la madre" (Blumberg et al., 2000: 81). Arch & Narins (2008: 142) argumentan que la evolución del sistema de comunicación madre-cría en ratas resulta del uso por parte de la madre de "información sensorial provista inadvertidamente" por parte de las crías. Gagliano (2013: 792) defiende el estatus de señal de las VUs pese a que "parecen ser solo el mero y simple subproducto de una reacción fisiológica y biomecánica", y nota que "sin importar la causa última de la emisión de la señal, estos ultrasonidos gatillan un comportamiento en la madre que es beneficioso para la cría que emite la señal". E interesantemente, esta visión es

[8] Ver Blumberg & Alberts (1990), Blumberg & Sokoloff (2001) y Blumberg (2009: 121-126) para los detalles relevantes acerca del caso particular de las vocalizaciones ultrasónicas de ratas infantes; y ver Blumberg & Alberts (1997) para otros ejemplos de señales que se consideran subproductos incidentales de aspectos biomecánicos y fisiológicos.

compartida incluso por Drew Rendall, uno de los defensores más prominentes de TEC[9]. De acuerdo con que "las llamadas son un producto incidental de una respuesta fisiológica al estrés por el frío para la cual la selección ha favorecido sensitividad perceptual y una respuesta conductual maternal", Rendall aún describe este caso como "un ejemplo de comunicación funcionalmente integrado entre madres y crías" (Rendall & Vasey 2002: 637).

Concluimos la sección pasada preguntando si sería realmente concebible para un científico estudioso de la CB la existencia de una señal comunicativa que no sea una adaptación (sino un subproducto de otros rasgos del organismo), y preguntando cómo reaccionaría un biólogo en el caso de que en relación a un rasgo considerado ser una señal se demostrase que no fue seleccionado en virtud de influenciar a otro organismo. El caso de la hipótesis del subproducto acústico que hemos examinado en esta sección constituye un caso donde la clara posibilidad de que un rasgo no sea una adaptación no impide a los científicos continuar pensando acerca de dicho rasgo como una señal, y acerca del fenómeno en cuestión como una instancia de CB.

Esto es muy problemático para TEC. Si las VUs de las crías son solo un subproducto acústico incidental, y no han sido naturalmente seleccionadas en virtud de gatillar respuestas maternales de búsqueda, entonces, de acuerdo a TEC, las VUs no son señales. Conversamente, si podemos pensar acerca de las VUs como siendo al mismo tiempo señales que median la comunicación entre madres y madre-infante y consecuencias incidentales de un proceso fisiológico, entonces algo está mal con TEC, al menos como ha sido desarrollado hasta ahora.

4.3.4 Biología sintética y sistemas artificiales de comunicación biológica

El ejemplo de las VUs de ratas infantes ilustra una inconsistencia entre lo prescrito e implicado por TEC y lo que ocurre en la práctica científica. En contraste con lo que TEC establece, cuando los biólogos caracterizan una interacción como comunicativa, ellos usualmente lo hacen en base a lo que ocurre en el presente, sin importar cómo fueron las cosas en el pasado evolutivo remoto. El contraste es aún más evidente en relación a los estudios sobre comunicación desde el punto de vista de la biología sintética.

Como vimos en el capítulo 3, una interesante línea de investigación teórica y experimental dentro de la biología sintética se enfoca en el estudio de la CB, y

[9] Ver: Owren & Rendall (1997), Rendall et al. (2009), Owren et al. (2010), Rendall & Owren (2013).

particularmente, se interesa en las posibilidades de interacciones comunicativas entre células naturales y células diseñadas y sintetizadas artificialmente en el laboratorio. Dentro de esta línea de investigación, algunos laboratorios están trabajando en el diseño de mecanismos biomoleculares sensores-efectores que permitan a las células artificiales poder detectar señales emitidas por células naturales y modificar su comportamiento en relación a ellas, por ejemplo, produciendo cierto tipo de metabolito y liberándolo al ambiente, y *viceversa*, células artificiales capaces de producir señales que afecten el comportamiento de células naturales (Gardener et al., 2009; Rampioni et al., 2014; Lentini et al., 2017).

Esta línea de investigación parece incompatible con TEC, en tanto esta última aproximación restringe los sistemas comunicativos a aquellos que son el resultado de ciertos procesos evolutivos. Consideremos la situación en que una célula artificial produce y libera alguna sustancia X capaz de afectar el comportamiento de una célula natural, gatillando en ella cierta respuesta, como la síntesis de ciertas proteínas (Rampioni et al., 2014). Diggle et al., (2007: 1242) específicamente ha afirmado en el contexto de la comunicación inter-celular que para demostrar que cierta sustancia X es una señal, "es necesario mostrar que evolucionó producida por una c es una señal, debe demostrarse que dicha sustancia evolucionó debido a la respuesta que gatilla". Así, en nuestra situación, en tanto X no es una adaptación para gatillar esas respuestas, es decir, no fue favorecida por selección natural en virtud de gatillar esas respuestas, entonces X, por cuestión de principio, no puede ser considerada una señal.

Consideremos, por otra parte, la situación en que una célula natural produce y libera cierta sustancia S (que gatilla ciertas respuestas en otras células naturales, y evolucionó en virtud de gatillar esas respuestas), y se sintetiza una célula artificial capaz de responder a S. ¿Podría este ser considerado un caso de comunicación? Nuevamente parece que no. Dado que las células artificiales no formaron parte de la historia selectiva de S, es claro que *S no evolucionó en virtud de gatillar respuestas en células artificiales*. En relación a ciertas células naturales S puede ser considerada una *señal*, pero en relación a las células artificiales S debe ser considerada una *pista*.

En suma, TEC parece excluir a priori la posibilidad de un sistema de CB diseñado artificialmente, lo cual contrasta flagrantemente con el supuesto base sobre el cual operan muchos investigadores del campo de la biología sintética, cuyo objetivo precisamente es la creación de tales sistemas.

4.3.5 Paréntesis: ¿Teorías funcionales-evolutivas vs teorías informacionales?

Scott-Phillips (2008) señala una contraposición entre *aproximaciones informacionales* y *aproximaciones funcionalistas-adaptacionistas* al fenómeno de la comunicación biológica[10], y trata como equivalentes las *aproximaciones funcionalistas-adaptacionistas* y las *aproximaciones basadas en la influencia* (Scott-Phillips & Kirby, 2013). Aquí hemos seguido esta manera de conceptualizar el debate solo por cuestión de orden y simplicidad, al permitirnos separar el análisis argumental relativo a una teoría y otra concentrándonos en debilidades diferentes en distintos momentos. Ahora bien, llegados a este punto, es preciso decir que esta es *una manera de entender el debate*, pero no la única ni necesariamente la más adecuada.

De acuerdo a otra manera de entender el debate, tanto la contraposición como la equivalencia que establece Scott-Phillips son problemáticas (teoría informacional vs teoría funcionalista-adaptacionista; teoría adaptacionista = teoría basada en la influencia), pues las discusiones y controversias entre las distintas aproximaciones a la comunicación pueden ser entendidas justamente como una *discusión acerca de la función evolutiva de las señales*:

> "Communication is often defined as the process of conveying information form senders to receivers by means of signals, and *s*ignals as the behaviours or structures that senders *evolved in order to convey information*"
>
> (Stegmann, 2013: 2, cursivas mías)

> "Researchers typically define animal signaling as morphology or behavior *specialized for transmitting encoded information* from a signaler to a perceiver... A revised definition is therefore proposed, making *influence rather than transmission of encoded information the central function* of animal signaling."
>
> (Owren et al., 2010: 775)

[10] E.g. "Definitions couched in terms of adaptation are often used [...] An alternative is to define communication in terms of information transfer. This article reviews the merits of these approaches, and argues that the former is to be preferred" (Scott-Phillips, 2008: 387).

Interpretado el debate de esta manera, es claro que las posturas en contraposición comparten la idea de que un rasgo cuenta como señal en tanto tenga cierta función evolutiva (es una adaptación para un determinado efecto), pero se diferencian en la función que establecen como esencial a las señales. Las teorías informacionales estipulan que una señal necesariamente tiene la *función de transmitir información a un receptor* (i.e. una señal es un rasgo que han sido propagado y mantenido por selección natural en virtud de transmitir información). En contraposición, las teorías manipulacionistas o basadas en la influencia estipulan que una señal necesariamente tiene la *función de influenciar al receptor* (i.e. una señal es un rasgo que han sido propagado y mantenido por selección natural en virtud de influenciar la conducta de otros).

Ahora bien, si interpretamos el debate entre la aproximación informacional y la aproximación basada en la influencia en este sentido, resulta claro que todos los argumentos recién presentados contra una caracterización evolutiva de las señales también aplican para las teorías informacionales (e.g. VUs no calificarían como señales porque no serían rasgos que evolucionaron en virtud de transmitir información). Tanto peor para TIC.

4.4 Recapitulación y balance general

La idea de comunicación como manipulación o influencia sensorial funcional es entendida en TEC en términos etiológicos-evolutivos. Las señales comunicativas, en contraste con las pistas, son adaptaciones para modificar el comportamiento de otros organismos.

Como teoría general de la comunicación, algunas virtudes de TEC dicen relación con su impecabilidad conceptual y con el rol que puede jugar en la sistematización y ordenamiento de las interacciones comunicativas. En términos de ventajas comparativas, TEC parece tener mejor alcance que TIC (pudiendo dar cuenta de señales que evidentemente tienen la función de influenciar pese a que no transmiten información) y que TAC & TDC (pudiendo distinguir casos incidentales de coordinación conductual, mediados por *pistas*, de casos propiamente comunicativos, mediados por *señales*).

Dentro de las limitaciones de TEC, está el hecho de que no ofrezca una explicación de por qué las señales exhiben AID –más bien, TEC simplemente parece dar por supuesto que tal es el caso. Los problemas más serios de TEC, sin embargo, son los que

resultan de conceptualizar la noción de función (y por tanto, comunicación) en términos evolutivos. Primero, TEC no resulta capaz de proveer un criterio operacional de CB que resulte útil en el contexto de la investigación para reconocer e identificar interacciones comunicativas –de acuerdo a TEC, la respuesta sobre si cierta interacción es o no CB no puede buscarse en el presente de las interacciones, sino en su pasado evolutivo; y sin embargo, la historia evolutiva no es directamente observable ni fácilmente accesible, sino que solo es conjeturable después de laboriosas investigaciones. Segundo, TEC presente discordancia con la práctica científica: los científicos no suelen emitir juicios acerca de CB como resultado de o con respaldo en estudios evolutivos, como cabría esperar de acuerdo a TEC. Tercero, TEC posee problemas epistemológicos (al colapsar la caracterización constitutiva de un fenómeno con la explicación de su origen) y metodológicos (al excluir *a priori* ciertas hipótesis neutrales sobre el origen de la CB). Cuarto, TEC presenta probables problemas de adecuación extensional: pese a la clara posibilidad de que las VUs de las ratas infantes no tengan la función evolutiva de influenciar a sus madres, las VUs intuitivamente parecen señales comunicativas y se siguen considerando así dentro de la comunidad científica. Y por último, hay nuevamente problemas de discordancia con la práctica científica: TEC parece excluir *a priori* la posibilidad de sistemas artificiales de CB, pese a que la creación de tales sistemas es el objetivo de una consolidada línea de investigación en biología sintética.

Todos estos problemas de TEC derivan de la caracterización evolutiva, en términos de causas últimas, de la CB, o más precisamente, de especificar la noción de influencia sensorial funcional en términos de TEF, donde la funcionalidad se entiende en términos de historia evolutiva. Ahora bien, el que tanto en la historia de la ciencia como en la práctica científica contemporánea muestren que es posible reconocer, describir y explicar fenómenos comunicativos sin consideraciones acerca la historia evolutiva de dicho fenómeno, puede ser considerado como un indicio de la siguiente posibilidad: la naturaleza comunicativa de una interacción no tiene que ver con el pasado, sino con elementos constitutivos del presente de dicho fenómeno. Esta posibilidad será explorada en lo que sigue de esta investigación.

5. Teoría organizacional de la comunicación

Comunicación biológica como influencia funcional organizacional

En este capítulo se propondrá una nueva teoría de la CB basada en la aproximación organizacional a los fenómenos biológicos. De acuerdo a la aproximación organizacional un sistema biológico es, fundamentalmente, un *sistema auto-mantenido*, y la funcionalidad de un rasgo producido por un sistema puede entenderse en términos de la contribución que realiza dicho rasgo al auto-mantenimiento del sistema en que es producido. La Teoría Organizacional de la Comunicación (TOC) que presentaremos en este capítulo retiene la intuición de que la comunicación puede ser entendida en términos de influencia sensorial funcional, pero especifica en términos organizacionales tanto el aspecto *sensorial* como el aspecto *funcional* de esta perspectiva sobre la comunicación: el aspecto sensorial puede entenderse en términos de la *organización sensorio-motora* que deben poseer los participantes de las interacciones comunicativas; y el aspecto funcional puede entenderse en términos del *régimen de clausura organizacional* al que necesariamente están sujetas las señales comunicativas.

En el capítulo se evaluará a TOC en relación a los desiderata propuestos en el capítulo 1 para una teoría general de la comunicación, mostrando que TOC –a diferencia de las teorías rivales–satisface adecuadamente todos ellos: *Adecuación extensional, Impecabilidad conceptual, Unificación y sistematización, Operacionalidad, Concordancia con la práctica científica* y *Explicación de AID.* De este modo, TOC puede considerarse como una adecuada teoría general de la CB, y como una adecuada respuesta a la pregunta guía en torno a la cual se articula la presente investigación: ¿Qué es CB?

5.1 Diferenciando ACIF y TEC

De acuerdo a la aproximación a la comunicación basada en la influencia (ACIF), un rasgo de un organismo puede ser identificado como una señal solo si tiene la función de influenciar a otro organismo. Virtualmente todos los defensores de ACIF entienden el concepto de *función biológica* en términos de la teoría etiológica de las funciones (TEF), esto es, en términos de adaptación y selección natural. Por esta razón ACIF es referida

por varios defensores y críticos como “la aproximación adaptacionista a la comunicación” (e.g. Scott-Philipps, 2008; Carazo & Font 2011; Fisher, 2011), y por la misma razón el capítulo pasado comenzamos a llamarla con el nombre de "teoría evolutiva-etiológica de la comunicación" (TEC).

Ahora bien, es preciso notar que la propuesta de TEF no es la única manera de entender el concepto la función biológica –por el contrario, existen distintas teorías acerca de las funciones disponibles. Y dado que es posible pensar de diferentes maneras acerca de las funciones biológicas y apoyarse en otra teoría de las funciones, ahora resulta fácil ver que en rigor TEC (o "la aproximación adaptacionista"), estrictamente hablando, es solo una versión particular y posible de ACIF. En principio, uno podría conservar la intuición de que la comunicación es, en el fondo, una cuestión de *influencia sensorial funcional*, y rechazar no obstante el papel definitorio de la selección natural y el pasado evolutivo para definir y caracterizar la noción de señal y comunicación.

De hecho, ya que los principales y más agudos problemas de TEC son precisamente consecuencia de su asociación con TEF, lo que proponemos en este capítulo es desarrollar una versión de ACIF –entendiendo la comunicación como influencia sensorial funcional– basada en otra manera de pensar acerca de la funcionalidad biológica, a saber, aquella promovida por la aproximación organizacional. El principal atractivo de la aproximación organizacional es su enfoque en el régimen causal presente y constitutivo de los sistemas biológicos.

5.2 La teoría organizacional de las funciones biológicas

Inspirada en el trabajo pionero de biólogos teóricos tales como Piaget (1967), Rosen (1972) Pattee (1973), Maturana y Varela ([1973]1980), entre otros, la teoría organizacional enfatiza el hecho de que un sistema biológico es, fundamentalmente, un *sistema auto-mantenido* (*self- maintaining system*). En las últimas dos décadas distintos autores han propuesto diferentes versiones y formulaciones de la teoría organizacional de las funciones: Schlosser (1998), Collier (2000), Bickhard (2000; 2004), McLaughlin (2001), Christensen & Bickhard (2002), Delancey (2006), Edin (2008) y Mossio et al. (2009), por ejemplo. Lo que tienen en común todas estas teorías es que fundamentan la funcionalidad de un rasgo de un sistema en términos de la contribución que realiza dicho rasgo al mantenimiento del sistema. En lo que sigue nos centraremos un una de las versiones más recientes y sistemáticas de la teoría organizacional de las funciones

biológicas desarrollada por Matteo Mossio, Cristián Saborido y Alvaro Moreno (Mossio et al. 2009; Saborido et al. 2011).

De acuerdo a la teoría organizacional de las funciones (TOF), una característica esencial a todo sistema biológico es que instancia o realiza un régimen causal capaz de producir y mantener partes que contribuyen a su operación, y es capaz de promover las condiciones de su propia existencia a través de su interacción con el ambiente. Este régimen causal de auto-mantenimiento —conocido como *clausura organizacional*— es realizado por un conjunto de estructuras producidas internamente que constriñen ciertos procesos bioquímicos y biomoleculares. Estas *constricciones* (internamente producidas) están organizadas de manera tal que resultan mutuamente dependientes para su producción y mantenimiento, y colectivamente contribuyen a mantener las condiciones en las cuales la red de procesos como un todo puede persistir en el tiempo (Montévil & Mossio, 2015; Moreno & Mossio, 2015; Winning & Bechtel, 2018). Estas constricciones logran esto a través de controlar el flujo subyacente de materia y energía de manera tal que el sistema se mantiene en condiciones alejadas del equilibrio.

La noción de *clausura* de constricciones se enfoca en la capacidad distintiva de los sistemas vivientes para contribuir a sus propias condiciones de existencia y a las condiciones de existencia de sus partes (Mossio & Bich, 2017). Este régimen causal permite explicar la existencia de un componente mediante la referencia a los efectos de tal componente y, por tanto, así fundamenta las atribuciones funcionales. En un sistema auto-mantenido sujeto a clausura*, una función es entendida como el efectos causal específico de alguna partes o rasgo del sistema que —actuando como una constricción— contribuye al mantenimiento de la organización, y por tanto, de la parte misma* (Mossio et al., 2009).

Tal como ha sido formulado por Mossio et al (2009), TOF establece que en un régimen de clausura un rasgo T tiene una función en la organización O de un sistema S, sí y solo sí:

C1) T contribuye al mantenimiento de la organización O de S;

C2) T es producido y mantenido bajo algunos constreñimientos ejercidos por O;

C3) S es un sistema organizacionalmente diferenciado, esto es: hay contribuciones diferenciales al mantenimiento de su organización, lo que permite la identificación de funciones.[44]

Podemos ilustrar TOF considerando el clásico ejemplo de la función del corazón. TOF implica que, en tanto un componente de un sistema biológico auto-mantenido que realiza clausura, el corazón tiene la función de bombear sangre porque (C1) bombear sangre contribuye al mantenimiento del organismo permitiendo a la sangre circular, lo cual posibilita, entre otras cosas, el transporte de nutrientes a las células, la estabilización de la temperatura y el Ph, etc. Al mismo tiempo, (C2) el corazón es producido y mantenido bajo ciertas constricciones ejercidas por el organismo, cuya integridad es asimismo un requisito para la existencia del propio corazón. Por último, (C3) el organismo es funcionalmente diferenciado, dado que está constituido por un conjunto de estructuras mutuamente dependientes cada una de las cuales realiza contribuciones diferentes y complementarias al auto-mantenimiento del sistema.

5.3 Una aproximación organizacional de la CB: reorganizando ACIF

La ocurrencia de CB implica, como mínimo, un receptor respondiendo a la señal de un emisor. En su forma más general y minimalista, ACIF establece que una señal es un rasgo del emisor i) cuya presencia gatilla alguna respuesta en el receptor, y ii) que tiene la función de gatillar tales respuestas. De acuerdo a TOF, por otro lado, la función biológica de un rasgo puede entenderse como la contribución del rasgo al mantenimiento de una organización que, a su vez, contribuye a la producción y mantenimiento de dicho rasgo. En consecuencia, es posible desarrollar una nueva perspectiva sobre la CB mediante la combinación de ACIF y TOF, entendiendo la comunicación como influencia sensorial funcional y definida en términos organizacionales.

De acuerdo a esta nueva teoría organizacional de la comunicación (TOC), una señal es un rasgo de un emisor que gatilla en el receptor una respuesta que contribuye a mantener una organización que, a su vez, es responsable de producir y mantener el rasgo mismo (la señal). De algo manera más formal, una versión minimalista (es decir, *centrada en el emisor*) y aún preliminar de TOC establece que:

Un rasgo S de un emisor es una señal si y solo si:

[44] Ver Saborido et al. (2011) para una formulación sutilmente distinta.

S1) al ser percibido, S gatilla alguna respuesta R en un receptor;

S2) S es producido en un sistema auto-mantenido que realiza clausura; y

S3) R contribuye al mantenimiento de este sistema.

Como señalamos en el capítulo 4, existen diferentes posiciones respecto de qué parte del sistema comunicativo debe ser funcional. De acuerdo a la *perspectiva centrada en el emisor*, para que un rasgo S de un sistema sea una señal es suficiente con que S tenga la función de gatillar una respuesta R en otro sistema. Por otro lado, la *perspectiva cooperativa de la CB* exige además que la respuesta R del receptor sea en sí funcional –es decir, R tiene la función de ser gatillada por S– o de lo contrario el S no califica como señal. De momento no necesitamos adjudicar entre las perspectivas centradas en el emisor y las perspectivas cooperativas de la CB, y es solo por simplicidad que hemos presentado y seguiremos examinando una versión minimalista de TOC centrada en el emisor. De cualquier modo, para transformar esta versión de TOC en una versión cooperativa solo debemos agregar la siguiente cláusula:

S4) R (la respuesta del receptor) es producido en un sistema auto-mantenido que realiza clausura y contribuye al mantenimiento de este sistema.

En lo que sigue de este capítulo, examinaremos cómo le va a TOC en relación a los diferentes desiderata establecidos para una adecuada TGC, a saber: *Adecuación extensional, Impecabilidad conceptual*, *Operacionalidad*, *Sistematicidad*, *Concordancia con la práctica científica* y *Explicación de las características de las señales*. Este examen nos permitirá ilustrar cómo TOC da cuenta de diversas interacciones comunicativas.

5.4 TOC es una teoría extensionalmente adecuada

Para ilustrar cómo TOC se aplica a instancias específicas de CB, consideraremos primero el sistema de comunicación madre-infante en ratas mediado por ultrasonidos que examinamos durante el capítulo pasado. Aquí se mostrará cómo esta nueva teoría, a diferencia de TEC, pueda fácilmente dar cuenta de la naturaleza comunicativa de este fenómeno.

Luego pasaremos a considerar algunos ejemplos paradigmáticos de CB que *prima facie* resultan casos potencialmente problemáticos para TOC. Al entender la funcionalidad de las partes de un sistema en términos de la contribución actual de dichas partes al auto-mantenimiento del sistema, TOC podría tener problemas para dar cuenta de las *señales reproductivas* —que parecen contribuir a la reproducción del

sistema emisor y no a su auto-mantenimiento—, o las *señales altruistas* —que contribuyen al auto-mantenimiento del sistema receptor pero ponen en peligro ponen en riesgo la supervivencia del emisor.

5.4.1 Las VUs de las crías tienen la función organizacional de influenciar a la madre

Cuando quedan aisladas de su nido y comienzan a enfriarse, las ratas infantes emiten vocalizaciones ultrasónicas (VUs) que gatillan en la madre la conducta de búsqueda y recuperación de sus crías. Dado que probablemente la emisión de VUs no fue seleccionada en virtud de influenciar a la madre sino que fue fijada evolutivamente como un subproducto acústico de otros rasgos organísmicos (Blumberg & Sokoloff, 2001), de acuerdo a TEC las VUs no son señales, sino meras pistas, y por tanto, esta interacción no cuenta como una instancia de comunicación. Sin embargo, en la práctica científica este fenómeno es ampliamente reconocido y aceptado como "un ejemplo de comunicación funcionalmente integrado entre madres y crías" (Rendall & Vasey 2002: 637).

Por otro lado, de acuerdo a TOC el origen y la historia evolutiva de las VUs no es determinante ni relevante para establecer si las VUs son señales y las interacciones madre-infante que ellas median es una instancia de CB. Más bien, TOC sugiere que para decidir si un rasgo es una señal y cierta interacción es comunicativa, solo tenemos que observar la forma en que este rasgo opera actualmente en el sistema conductual en consideración, y determinar si se satisfacen o no las cláusulas contenidas en la definición organizacional de señal comunicativa establecida anteriormente. De acuerdo a TOC, no es la función evolutiva lo que cuenta sino la función organizacional.

Es fácil ver cómo las VUs satisfacen adecuadamente las clausulas definitorias de la señal provistas por TOC: primero, la presencia de VUs gatilla una respuesta en el receptor (S1); segundo, las VUs son producidas por la cría, y esta cría es un sistema auto-mantenido clausurado organizacionalmente (S2); y tercero, la respuesta de la madre gatillada por las VUs contribuye al mantenimiento de la cría (S3). Así, en contraste con TEC, la nueva teoría puede dar cuenta de la naturaleza comunicativa de este fenómeno, y es consistente con la postura adoptada por los biólogos al considerar a las VUs como señales con independencia de su historia evolutiva.

5.4.2 ¿Señales que contribuyen a la reproducción, no al auto-mantenimiento?

Si bien TOC puede dar cuenta de aquellos casos como el recién examinado, en que la señal del emisor gatilla respuestas en el receptor que contribuyen directamente al mantenimiento del emisor, hay ejemplos paradigmáticos de CB que a primera vista parecen no encajar en este esquema. Los grillos machos, por ejemplo, levantan sus alas delanteras y las frotan produciendo sonidos y trinos que atraen a las hembras. Estos trinos de los grillos comúnmente se describen y clasifican como *señales de atracción de pareja*, ya que *su función es atraer parejas reproductivas* (Moiseff, 1978). Ahora bien, la atracción de parejas no es algo que contribuye de manera obvia al auto-mantenimiento del sistema emisor, sino más bien a su reproducción. Por ello, es posible objetar a TOC que algunos rasgos son casos evidentes de señales incluso si no parecen estar sujetos al tipo de cierre causal requerido por esta teoría. Por lo tanto, las señales de atracción de pareja, y las señales reproductivas en general, constituirían contra-ejemplos para TOC –casos que son evidentemente instancias de comunicación pero son excluidas como CB por TOC–, y ésta sería una teoría extensionalmente inadecuada.

Lo primero que hay que notar es que el desafío que las señales reproductivas presentan para TOC es exactamente análogo al desafío que los rasgos reproductivos en general suponen para TOF. El semen, por ejemplo, intuitivamente parece ser un rasgo funcional (su función es inseminar al óvulo), y sin embargo, no parece contribuir al mantenimiento de la misma organización que lo produce. Este problema ha sido abordado específicamente por los teóricos organizacionales (particularmente en Saborido et al., 2011; Mossio & Sabordio, 2016), de acuerdo a los cuales la aproximación organizacional tiene los recursos teóricos necesarios para dar cuenta de los rasgos con funciones reproductivas. La idea principal es que estos rasgos contribuyen al mantenimiento de sistemas que realizan una organización auto-mantenida en el mismo sentido que los sistemas a cuyas partes típicamente se atribuyen funciones orgánicas. Dado que el problema de las señales reproductivas puede verse como un caso particular del problema general de los rasgos reproductivos, TOC puede defenderse utilizando una estrategia similar a la de TOF. Por ello, antes de lidiar con el problema específico de las señales reproductivas, será conveniente revisar más detalladamente el modo en que TOF trata con los rasgos reproductivos.

La estrategia de solución desarrollada por Saborido et al. (2011) ante el problema de los rasgos reproductivos requiere considerar cuatro puntos cruciales. Primero: una organización auto-mantenida es algo que ocurre en el tiempo. Por lo tanto, atribuir funciones a rasgos o partes requiere la consideración de un sistema que realiza auto-

mantenimiento durante un período de tiempo lo suficientemente largo como para observar *clausura organizacional*. Segundo: debido a su naturaleza disipativa, un sistema biológico continuamente experimenta cambios y reemplazo de sus componentes materiales, y sin embargo, a pesar de estos cambios, mantiene su identidad –es decir, sigue siendo el mismo sistema auto-mantenido a lo largo del tiempo. Tercero: el hecho de que un rasgo contribuya al mantenimiento de la organización de un sistema en el tiempo t1, y que un rasgo se produzca y mantenga bajo ciertas restricciones ejercidas por la organización del sistema en el tiempo t2, puede fundamentar la atribución de la funcionalidad al rasgo solo si suponemos que la organización cuyo rasgo realiza una función en el tiempo t1 es la misma organización que mantiene al rasgo en t2 –es decir, si los sistemas en t1 y t2 son distintas instancias temporales de una misma organización auto-mantenida que los incluye como partes. Cuarto, y por último: si un cierto sistema posee una organización constitutiva debido a su conexión causal y material con un sistema anterior que posee la misma organización, entonces ambos sistemas pueden considerarse como instancias temporales de un mismo sistema.

Dadas estas premisas, la solución de Saborido et al. (2011) al problema de los rasgos reproductivos es que una función reproductiva está sujeta clausura organizacional dentro del marco de una organización auto-mantenida cuya extensión temporal es más amplia que la duración de la vida de un organismo individual. Podemos decir que el semen de un individuo tiene la función de inseminar el óvulo, porque: inseminando el óvulo el semen contribuye al reemplazo de los individuos que son parte de una organización O, tal que O ejerce varias constricciones bajo las cuales el semen es producido y mantenido a lo largo del tiempo. En palabras de Moreno & Mossio:

> "Reproduction, in this sense, simply constitutes one of the functions through which the organisation succeeds in maintaining itself beyond the lifespan of individual organisms. Since the encompassing system made up by the reproducer and the reproduced organism possesses a temporally wider self-maintaining organisation, reproductive traits are subject to organisational *closure*, and their functions are correctly grounded in the organisational account."
>
> (Moreno y Mossio, 2015: 80)

Ahora podemos volver al problema específico de las señales reproductivas. De acuerdo a TOC una señal es un rasgo de un emisor que, mediante gatillar una respuesta

en un receptor, contribuye a mantener una organización que, a su vez, contribuye a producir y mantener el rasgo mismo. Hay un sentido en que esto se cumple los trinos de los grillos macho, de modo que dentro de TOC estos pueden ser entendidos como señales con la función de atraer hembras. Mediante sus efectos en las hembras, aunque los trinos no contribuyen al auto-mantenimiento del individuo emisor, sí contribuyen al mantenimiento de una organización temporalmente más amplia y abarcadora, y lo hacen específicamente contribuyendo a la producción de un nuevo organismo en reemplazo del anterior. Y esta organización (realizada tanto por el sistema reproductor como por el sistema reproducido), a su vez, ejerce varias restricciones bajo las cuales se producen y mantienen los grillos macho y sus señales acústicas.

Por tanto, en contra de lo que parecía a primera vista, TOC puede dar cuenta de la naturaliza comunicativa de las llamadas de atracción de pareja, los rituales de cortejo, y las señales reproductivas en general, en tanto pueda demostrarse que estos rasgos de hecho contribuyen al mantenimiento de la misma organización que los produce, y por lo tanto, están sujetos a *clausura organizacional*.

5.4.3 Señales que contribuyen al mantenimiento del receptor

Otro potencial problema aparece al considerar casos de comunicación altruista, en que la señal emitida por el emisor gatilla en el receptor respuestas que contribuyen al mantenimiento del receptor en lugar de contribuir al mantenimiento del emisor, como supone TOC. Cuando una ardilla ve un halcón, ella emite una vocalización ante la cual las ardillas cercanas responden huyendo y escondiéndose en sus madrigueras. Tradicionalmente estas llamadas de alarma se han interpretado como señales *altruistas*[45]: no solo estas señales no contribuyen al mantenimiento del emisor, sino que en algunos casos, al atraer la atención del predador hacia el emisor, pueden contribuir a su propia destrucción (Brereton 1959, Maynard Smith 1965, Hirth y McCullogh 1977). En este caso, nos enfrentamos nuevamente con rasgos que son ejemplos obvios de

[45] "Altruismo" significa y connota diferentes cosas en el lenguaje corriente y en el discurso biológico. En el lenguaje corriente se suele utilizar el *concepto psicológico de altruismo*, que hacer referencia a estados cognitivos, representacionales –una conducta es altruista en sentido psicológico si y solo si: i) implica consecuencias beneficiosas para el receptor y negativas para el actor; ii) el actor conoce esas consecuencias; y iii) el actor decide realizar la acción motivado por el deseo de beneficiar al receptor. El *concepto biológico de altruismo*, por otra parte, no refiere a y es agnóstico sobre la presencia de estados cognitivos (motivaciones), y solo se define en términos de las consecuencias biológicas de la acción –por ejemplo, en el contexto de la biología evolutiva, se dice que una conducta es altruista si y solo si: i) aumenta el fitness del receptor; y ii) disminuye el fitness del actor (West et al. 2007).

señales pese a que no parecen contribuir al mantenimiento de la misma organización que las produce, tal como TOC demanda.

Es posible hacer frente a esta objeción con una estrategia no muy diferente de aquella utilizada en el caso de las señales reproductivas, a saber, considerando los efectos de la señal en el contexto de un sistema más amplio. Sin embargo, en este caso podemos pensar en términos de un sistema auto-mantenido más amplio no solo en relación a la escala temporal (como el sistema considerado en el caso de las señales reproductivas), sino que un sistema realizado en un nivel más alto, supra-organísmico, de organización. Hay sistemas por sobre los organismos –e.g. algunos sistemas sociales y ecológicos– que están organizados de manera tal que realizan un régimen causal de auto-mantenimiento y clausura organizacional. Una colonia de insectos eu-sociales, por ejemplo, está constituida por un grupo de organismos con características morfológicas, fisiológicas y conductuales diferentes y específicas, que mediante su interacción y su interacción con el ambiente contribuyen a mantener la colonia, y que a su vez son producidos y mantenidos como un resultado de la operación de la colonia. En la medida en que tratamos con sistemas que realizan un régimen de auto-mantenimiento y clausura organizacional, es posible identificar funciones biológicas: a este nivel, la funcionalidad de un rasgo está determinada por su contribución a la mantención de esta organización supra-organísmica.[46]

La funcionalidad de las señales altruistas, tales como –supongamos– las llamadas de alarma, puede entenderse en relación a una organización cuyo régimen de auto-mantenimiento es más amplio que el del organismo individual que las produce (el emisor) y el organismo individual influenciado por ellas (el receptor). Las señales altruistas son producidas por un individuo que forma parte de un sistema social, y mediante las respuestas que gatillan en los receptores, estas señales contribuyen al mantenimiento de la organización de este sistema, que a su vez, ejerce varias constricciones bajo las cuales este tipo de organismos emisores y sus respectivas llamadas de alarma se produce y mantiene.

En consecuencia, tal como en el caso de las señales reproductivas, TOC puede dar cuenta de la naturaleza comunicativa de las señales altruistas en tanto sea posible demostrarse que están sujetas a un régimen de *clausura organizacional*.

[46] Ver Nunes-Neto et al. (2014) para una caracterización de sistemas de alto-orden, ecológicos, como sistemas auto-mantenidos, y para una propuesta de entender las *funciones ecológicas* desde la perspectiva organizacional.

5.4.4 Adecuación extensional de TOC y otras teorías de la comunicación

En términos de *Adecuación extensional*, TOC parece estar mejor posicionada que las demás teorías sobre la comunicación que hemos examinado en los capítulos previos –la teoría informacional (TIC), la teoría autopoiética (TAC), la teoría dinamicista (TDC) y la teoría evolutiva-etiológica (TEC).

Al conceptualizar las señales comunicativas en términos funcionales, TOC permite distinguir entre *señales* (rasgos que tienen la función de influenciar a otros sistema) y *pistas* (rasgos que influencian a otro sistema sin tener la función de hacerlo). Y consecuentemente, a diferencia de lo que ocurre con TAC y TDC, TOC puede discriminar las interacciones propiamente comunicativas de otro tipo de interacciones o dinámicas de co-cordinación conductual, tales como las que se dan en contextos de predador-presa.

Al conceptualizar las señales en términos de influencia en vez de contenido informacional, TOC puede dar cuenta de señales que constituyen un problema para TIC, tales como las señales de enmascaramiento y interferencia, que no transmiten información pero sí tienen la función (reproductiva) de influenciar el comportamiento de poténcienles parejas reproductivas.

Finalmente, a diferencia de TEC, TOC conceptualiza la CB en términos de la organización actual del sistema comunicativo, sin hacer referencia a su historia evolutiva. Por ello, a diferencia de TEC, TOC puede dar cuenta de señales no seleccionadas en el pasado evolutivo, tales como (posiblemente) las VUs de las ratas infantes, y en general señales que ocurren como el subproducto de otros rasgos organísmicos (Blumberg & Albert, 1997), así como señales diseñadas artificialmente en el contexto de la biología sintética (Bich & Frick, 2018).

Sin embargo, aún debemos considerar un posible contra-ejemplo. Cuando dos ciervos compiten por recursos, suele ocurrir que uno ahuyenta y desplaza al otro mediante gruñidos; sin embargo, hay ocasiones en que el conflicto se resuelve mediante combate físico, donde un ciervo empuja al otro ciervo, desplazándolo físicamente del lugar de sus recursos. Intuitivamente, aunque en ambas situaciones se afecta el comportamiento de otro organismo, solo la primera situación corresponde a comunicación (los gruñidos son señales de amenaza), mientras la segunda situación no. De acuerdo a Sacarantino (2013), este sería un contra-ejemplo para TEC, pues el empujar a los rivales de las fuentes de recursos probablemente es un comportamiento que fue favorecido por selección natural. Podría pensarse que el mismo problema afecta

a TOC, después de todo, los empujones que tienen el efecto de desplazar a rivales de una fuente de alimentos, son producidos por un sistema y contribuye a la auto-mantención del mismo sistema.

Para afrontar este problema, es preciso desviarnos momentáneamente. De acuerdo a lo ilustrado en el capítulo 1, a las señales suelen atribuirse ciertas características distintivas: una señal es arbitraria, insuficiente y desproporcional en relación a sus efectos. En contraste, un empujón no parece ser arbitrario, insuficiente ni desproporcional en relación a sus efectos (el desplazamiento del rival). Por tanto, si TOC logra explicar o hacer sentido de las características distintivas de las señales comunicativas, entonces TOC podría responder a este contra-ejemplo.

5.5 TOC puede explicar las características distintivas de las señales

Una TGC debe arrojar luz sobre algunas características distintivas de las señales: *Arbitrariedad, Insuficiencia* y *Desproporcionalidad* (AID). De las teorías examinadas en los capítulos anteriores, solo es claro que TIC satisface este desideratum[47]. En contraste, ni TDC, ni TAC ni TEC explican adecuadamente AID –aunque vimos que hay un sentido en que TAC explica, inadecuadamente, AID acudiendo a la noción de determinismo estructural; y vimos que algunos teóricos de TEC han enfatizado en la naturaleza sensorial de la comunicación, lo que representa un paso importante.

Pues bien, ¿qué hay de TOC en relación a este punto? A continuación se propondrá una manera de explicar AID consistente con TOC, que requiere hacer explícita la noción de *organización sensorio-motora* como una característica fundamental de los sistemas biológicos capaces de participar en interacciones comunicativas[48].

[47] De acuerdo a TIC: la asociación entre señal y respuesta depende de los principios de codificación y decodificación (*Arbitrariedad*); la respuesta del receptor no se corresponde con ni necesariamente resulta proporcional a la energía utilizada en la producción de la señal, ya que está determinada por el contenido representacional codificado en la señal (*Desproporcionalidad*); y la señal no basta para producir la respuesta, puesto que los mecanismos de decodificación del receptor también son necesarios (*Insuficiencia*).

[48] De momento, basta decir que: i) esta característica es una condición necesaria para poder participar de una interacción comunicativa, y ii) todos los sistemas vivientes actualmente poseen esta característica. Si esta organización sensorio-motora es una característica necesariamente co-extensiva con la vida –es decir, si acaso no sería posible un sistema vivo que no implementara organización sensorio-motora alguna– es una cuestión sobre la cual no es necesario pronunciarnos.

5.5.1 Organización sensorio-motora

En sintonía con la teoría autopoiética elaborada por Maturana & Varela (1973, 1984), TOC reconoce como características esenciales de los sistemas biológicos i) la realización de un régimen causal capaz de producir y mantener partes que contribuyen a su operación, y ii) la capacidad de promover las condiciones de su propia existencia a través de su interacción con el ambiente. En relación al segundo punto, es importante notar que virtualmente todos los sistemas biológicos están organizados de manera tal que pueden discriminar entre o ser afectados diferencialmente por distintos elementos ambientales. Es decir, prácticamente todos los sistemas biológicos están dotados de algún sub-sistema sensorial. Y, por otra parte, en prácticamente todos los sistemas biológicos existen mecanismos que asocian la actividad o estado del sub-sistema sensorial a algún mecanismo responsable de producir algún tipo de actividad en el sistema, un sub-sistema motor.[49] Es decir, virtualmente todos los seres vivos poseen una *organización sensorio-motora*, que podemos describir en términos de: un sub-sistema sensorial (SS), acoplado a un sub-sistema de asociación (SA), acoplado a un sub-sistema motor (SM), tal que: SS cambia de estado ante ciertos estímulos o ítems en el ambiente; SA cambia de estado ante ciertos cambios de estado de SA, y SM cambia de estado ante ciertos cambios de SA. SM, además, puede producir cambios en el ambiente externo en principio detectables por sub-sistemas sensoriales de otros sistemas biológicos.[50]

5.5.2 Organización sensorio-motora y AID

Acorde a lo establecido en el capítulo 1, se espera que la noción de *señal* juegue un rol demarcador, ayudando a distinguir las interacciones propiamente comunicativas (como aquella donde un ciervo ahuyenta a otro ciervo mediante gruñidos) de aquellas interacciones físicas simples, donde un sistema biológico induce cambios en otro sistema biológico mediante la mera "fuerza bruta" (tal como la situación en que un animal desplaza físicamente a otro animal, mediante un empujón). Mientras los gruñidos son señales, los empujones no lo son. Las señales, a diferencia de los empujones, exhiben *Insuficiencia*, *Arbitrariedad*, y *Desproporcionalidad*. Ahora bien,

[49] La palabra "motor" no implica que la actividad del sistema en cuestión deba realmente ser *movimiento*. De acuerdo al uso que se le está dando aquí, la actividad de un sistema motor en el caso de una célula, por ejemplo, podría consistir en la transcripción de ciertos genes, la producción y/o emisión de ciertos químicos, etc.

[50] Esta arquitectura sensorio-motora ultra simplificada puede complejizarse, por ejemplo, estableciendo que ciertos cambios de estado de SM producen de manera directa ciertos cambios de estado en SS y SA, o que SA puede cambiar de estado de acuerdo a dinámicas propias, con relativa independencia de SS.

¿qué explica que las señales posean estas características en relación a las respuestas que gatillan? La respuesta que daremos es: su naturaleza *sensorial*. Una vez reconocida la organización sensorio-motora como un aspecto fundamental de todos los sistemas vivientes, es posible elaborar con cierto detalle la idea de que las interacciones comunicativas (y sensoriales) contrastan y deben ser distinguidas de las interacciones físicas simples.

Las interacciones mediadas por fuerza bruta entre dos organismos son similares a aquellas en las cuales un organismo interactúa con algún elemento inanimado de su entorno. Un cambio producido en un objeto inanimado (digamos, el desplazamiento o cambio de lugar de una piedra) resultante de cierta acción de un sistema biológico (e.g. la acción de empujar), debe entenderse como un simple efecto físico de esa acción. En relación a tal efecto, la acción del organismo resulta ser proporcional energéticamente, causalmente suficiente, y no-arbitraria. Cuando una piedra es movida de lugar por un organismo, la acción del organismo es causalmente suficiente para el movimiento de la piedra, el organismo aporta toda la energía necesaria para el movimiento, y la acción mediante la cual el organismo mueve la piedra no podría si no haber tenido ese efecto: de aplicarse la misma acción (e.g. empujar) a otro cuerpo *similar en términos físicos* (similar masa, densidad, geometría, textura superficial, etc.) en el mismo contexto físico (misma superficie, gravedad, presión atmosférica, etc.), el efecto necesariamente será el mismo.

En contraste, la comunicación tiene lugar en el dominio de las interacciones mediadas por estimulación sensorial, y por tanto, aquí hay en juego sistemas con una organización sensorio-motora. Un cambio producido en un sistema con un organización sensorio-motora en respuesta a algún *estímulo sensorial* no puede considerarse como un simple efecto físico de tal estímulo (parte importante de la relevancia causal aquí radica en la organización sensorio-motora misma del sistema que responde). Más bien, en contraste con lo que ocurre en las interacciones físicas simples: si se mantiene el mismo estímulo, el mismo contexto físico, y un sistema con similares propiedades físicas (similar masa, similar densidad, similar geometría, etc.) *pero una organización sensorio-motora diferente*, el efecto del estímulo podría ser diferente.

Cuando se específica en estos términos la naturaleza sensorial de la comunicación, las características distintivas de las señales pueden ser explicadas como sigue:

La *Desproporcionalidad* (i.e. el que la energía utilizada en la producción de la señal por parte del emisor no es necesariamente proporcional a la respuesta que dicha señal

produce en el receptor) se explica porque la respuesta del receptor ante la señal no depende de la energía utilizada en producir la señal, ni depende importantemente de la energía contenida en la señal, sino más bien depende del estado y las características de SS (si es o no afectado por la señal) (Figura 5.1, A), del estado y características de SM (de las acciones posibles), y del estado y características de SA (del modo en que los cambios de SS afectan SM).

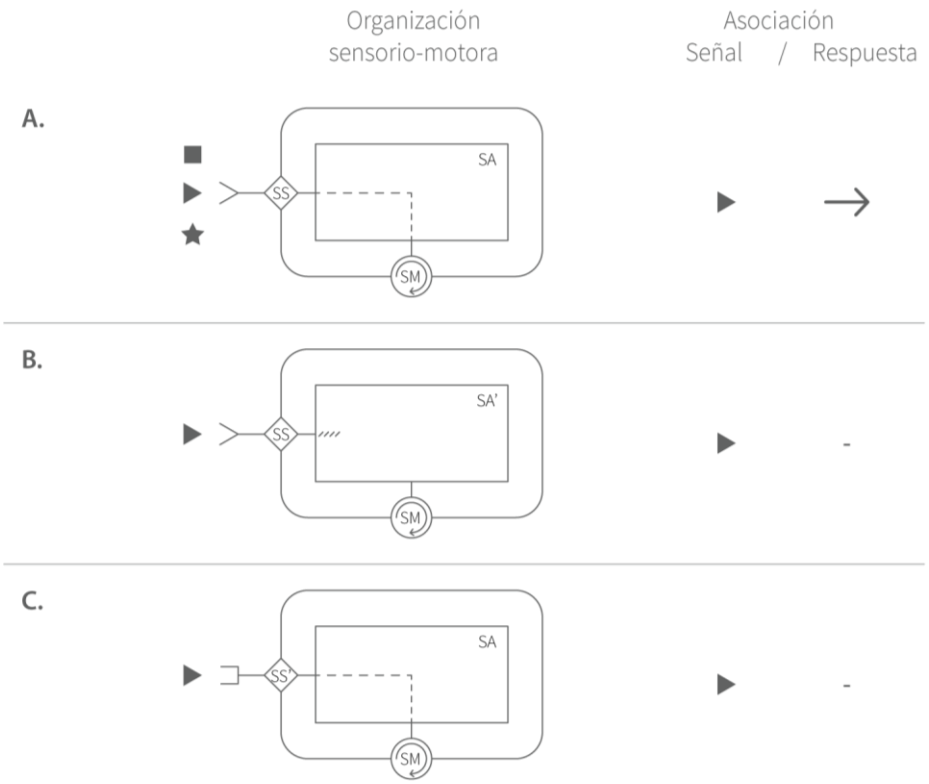


Figura 5.1 Aunque la señal ► gatilla la respuesta *avanzar* ➜ (A), dicha señal no es en sí *suficiente* para esa respuesta –la respuesta también depende de la organización sensorio-motora. Si SA fuese diferente: SA', la señal no gatillaría la respuesta (B), y lo mismo pasaría si SS fuera diferente: SS' (C).

La *Insuficiencia* (i.e. el que una señal por sí misma no es suficiente para producir la respuesta que produce en el receptor) se explica por las mismas razones: dependiendo del estado y las características de SS, SM y SA, la señal podría no producir la respuesta en el receptor. En particular, esto podría ocurrir por el estado y características de SA (Figura 5.1, B), o bien por el estado y características de SS (Figura 5.1, C).

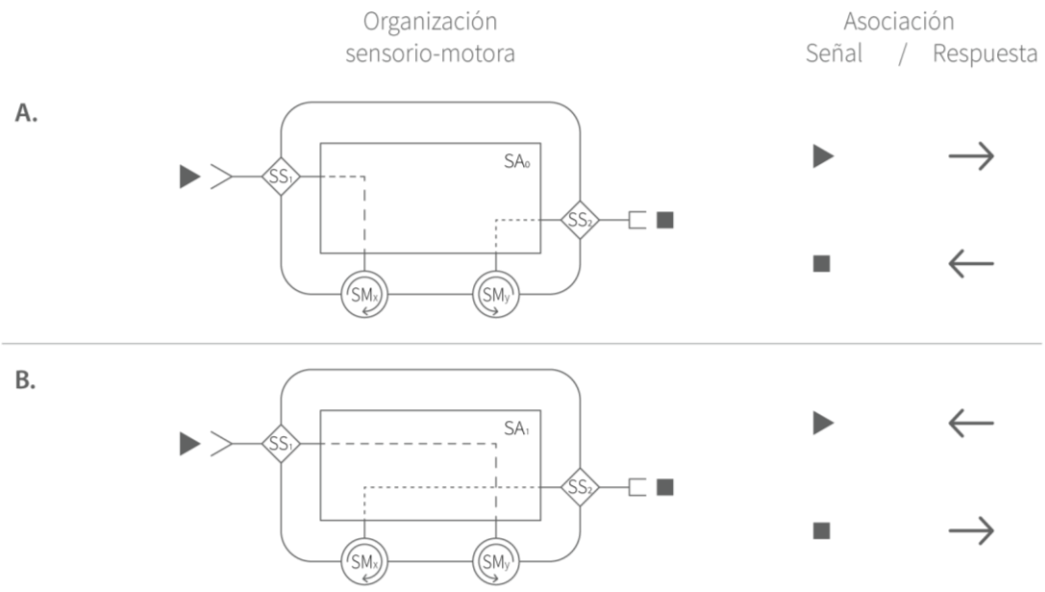


Figura 5.2 Un señal es *arbitraria* en relación a la respuesta que produce (A) –o dicho de otro modo, está solo contingentemente asociada a la respuesta que produce– ya que si SA fuese distinto, digamos, SA_1 en vez de SA_0, la misma señal podría gatillar otra respuesta y la misma respuesta podría ser gatillada por otra señal (B).

La *Arbitrariedad* (i.e. el que la misma señal podría gatillar otras respuestas, o la misma respuesta podría ser gatillada por otras señales), también se puede explicar en términos de la organización sensorio-motora, y particularmente, atendiendo al rol que juega SA, el sistema de asociación. Consideremos un sistema muy sencillo, donde SS responde a la señal S_1 pasando al estado SS_1, y a la señal S_2 pasando al estado SS_2, tal que: ante la ocurrencia de SS_1, y estando en el estado SA_0, SA activa el sub-sistema motor SM-X (cuya actividad, digamos, es avanzar), y ante la ocurrencia de SS_2, y estando en el estado SA_0, SA activa el sub-sistema motor SM-Y (cuya actividad, digamos, es retroceder. De tal manera, el receptor avanza en respuesta a S_1 y retrocede en respuesta a S_2 (Figura 5.2, A). Ahora bien, supongamos que en un estado alternativo, SA_1, SA responde a SS_1 activando SM-Y y responde a SS_2 activando SM-X. En este caso, el receptor avanza en respuesta a la señal S_2 y retrocede en respuesta a la señal S_1 (Figura 5.2, B). Es decir, en la medida en que tratamos con un sistema que posee una organización sensorio-motora, la relación entre las señales y las respuestas gatilladas por dichas señales son arbitrarias o contingentes en el sentido de que están determinadas por la configuración sensorio-motora específica del sistema en cuestión.

5.5.3 Comparación entre TOC y las otras teorías de la CB en relación a AID

TIC da cuenta de AID postulando ciertas *reglas de comunicación*, consistentes en principios de codificación y decodificación de representaciones que gobiernan las interacciones comunicativas (Wiley 1983). TOC permite hacer sentido de estas reglas de comunicación sin necesidad de caracterizarlas en términos representacionales:

- Por parte del emisor, podemos reformular el *principio de codificación* como: un patrón o dinámica sensoriomotora que resulta del modo en que está organizado el sistema, en que ciertos cambios de SS están asociados por SA a ciertos cambios de SM (*productores o constitutivos de la señal*).

- Por parte del receptor, podemos reformular el *principio de decodificación* como: un patrón o dinámica sensoriomotora que resulta del modo en que está organizado el sistema, en que: i) SS discrimina cambios producidos por o consistentes en estados del SM de otro organismo, emisor (*detección de la señal*); y ii) estos cambios de SS están asociados por SA a ciertos cambios de SM (*respuesta ante la señal*).

Por otra parte, en el contexto de TAC, la noción de *determinismo estructural* aparece como una posible explicación de AID. Maturana, Varela, y demás investigadores del programa autopoiético enfatizan en la tesis según la cuál los sistemas autopoiéticos son sistemas determinados estructuralmente. Por ejemplo:

> "los sistemas autopoiéticos están sujetos al determinismo estructural propio de su constitución sistémica. Solo puede pasar en ellos y a ellos aquello que su estructura permite. Los agentes perturbantes con los cuales esos sistemas interactúan pueden gatillar, pero no determinar, los cambios que tienen lugar en ellos en una contingencia de interacciones."
>
> (Mpodozis 2013: 120)

Es interesante notar algunas coincidencias que resultan de tomar en cuenta la organización sensorio-motora de los seres vivos, y de atribuirles la condición de sistemas "determinados estructuralmente". En relación a una señal y la respuesta que gatilla, ambas perspectivas pueden explicar la Arbitrariedad, Insuficiencia y Desproporcionalidad apuntando a *la relevancia de la estructura interna del sistema*. Sin embargo, en contraste con la aplicación irrestricta y universal del determinismo estructural de acuerdo a como lo entienden Maturana & Varela (1984) –todo sistema

susceptible de ser investigado científicamente es un sistema determinado estructuralmente–, la posesión de una organización sensorio-motora es una característica de solo algunos sistemas. Por ello, de acuerdo con TOC y en discordancia con TAC, solo cierto tipo de interacciones debiesen exhibir AID –y más particularmente, es esperable que las interacciones mediadas por fuerza bruta no exhiban AID.

Por último, si bien TEC en sí misma no provee una explicación de AID, debemos recordar que muchos teóricos de la aproximación a la comunicación basada en la influencia (ACIF, de la cual TEC es una versión específica) han enfatizado en la dimensión sensorial de la comunicación. La idea misma de "comunicación como influencia sensorial" o "comunicación como manipulación" que se encuentra en el corazón de esta aproximación, apunta en la dirección seguida en este trabajo. Recordemos cómo Dawkins & Krebs (D&K, 1978) caracterizan la CB en el artículo inaugural de ACIF:

> "communication is said to occur when an animal does something […] to influence the sense organs of another animal."
>
> "communication, which we use interchangeably with 'signaling', could be characterized as a means by which an animal makes use of another animal's muscle power."
>
> (D&K, 1978: 283)

Aunque la intuición ya estaba en los comienzos de ACIF, los teóricos de TEC no explotaron los potenciales de esta intuición ni la desarrollaron con suficiente detalle, optando por enfocarse más bien en las características funcionales de la señal, que a su vez interpretaron en términos evolutivos-etiológicos, desviando la atención desde el presente de las interacciones comunicativas hacia el pasado de éstas.

Por su parte, al enfocarse fundamentalmente en las propiedades constitutivas, presentes en el aquí y ahora de las interacciones comunicativas, TOC puede hacer sentido de tales intuiciones sobre la importancia de la dimensión sensorial de la comunicación, y de paso ayudar a explicar por qué las señales comunicativas exhiben AID, en contraste con formas de "influencia" mediante la fuerza bruta.

5.6 TOC: función organizacional y organización sensorio-motora

En el sentido más fundamental, ACIF entiende la *comunicación como influencia sensorial funcional*. Hasta el momento, esta idea de la comunicación se ha desarrollado

desatendiendo o descuidando la importancia del aspecto sensorial, y por otra parte, el aspecto funcional se ha conceptualizado en términos externos al fenómeno mismo –en relación al pasado e historia evolutiva de las interacciones comunicativas que se observan en el presente. En contraste, la aproximación organizacional enfatiza y se enfoca fundamentalmente en las propiedades constitutivas, presentes en el aquí y ahora de los fenómeno. Consecuentemente, la idea de la *comunicación como influencia sensorial funcional* puede ser especificada en TOC en relación a dos aspectos complementarios de la dimensión constitutiva del fenómeno:

> (1) el aspecto *sensorial*, que puede entenderse en términos de la organización sensorio-motora que necesariamente poseen los participantes de las interacciones comunicativas; y
>
> (2) el aspecto *funcional*, que puede entenderse en términos del régimen de clausura organizacional al que necesariamente están sujetas las señales comunicativas.

El primer aspecto permite distinguir a las interacciones comunicativas de las interacciones físicas simples, mediadas por fuerza bruta. (1) garantiza excluir de la categoría de CB aquellas situaciones en que un individuo afecta a otro individuo por medio de la fuerza, como el caso del ciervo que desplaza a otro ciervo empujándolo. El segundo aspecto permite distinguir las interacciones comunicativas de los casos de influencia sensorial incidental, o dicho de otro modo, permite distinguir entre interacciones medidas por *señales* de aquellas interacciones medidas por *pistas* –como cuando los biólogos dicen que las emisiones acústicas del macho de la rana Túngara son señales en relación a las hembras que atraen, pero son meras pistas en relación a los murciélagos que llegan atraídos por tales emisiones.

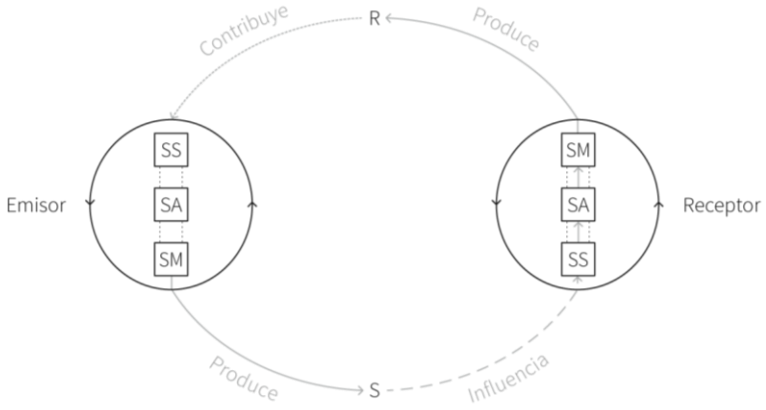


Figura 5.3 Esquema organizacional de un sistema comunicativo mínimo. Tanto el emisor como el receptor son sistemas auto-mantenidos que realizan clausura y poseen una estructura sensorio-motora. La señal S es *producida* por el SM de el emisor, y a su vez *influencia sensorialmente* la producción de una respuesta R en el receptor, es decir, gatilla un cambio en SS, que gatilla que cambio en SA, que gatilla un cambio en SM tal que *produce* R, tal que R es *funcional* o contribuye al auto-mantenimiento del sistema en el cual la señal S es producida.

Estamos, por fin, en posición de avanzar una versión más detallada y completa de TOC, según la cual: tenemos comunicación cuando, como mínimo:

S1) cierta actividad del SM del emisor –la señal S– gatilla algún cambio en el SS del receptor, que gatilla algún cambio en el SA, que gatilla algún cambio en el SM, produciéndose la respuesta R, tal que;[51]

S2) S es producido en un sistema auto-mantenido que realiza clausura; y

S3) R contribuye al mantenimiento de este sistema (ver Figura 5.3)

Como se demostró en las secciones anteriores, TOC satisface el desideratum de *Adecuación extensional* y de *Explicación de AID*. En lo que sigue, se mostrará cómo TOC satisface adecuadamente los demás desiderata especificados para una adecuada teoría general de la CB: *Impecabilidad conceptual*, *Unificación y sistematización*, *Operacionalidad* y *Concordancia con la práctica científica*.

[51] En trabajos previos (Bich & Frick, 2018; Frick et al. 2018) se avanzó de manera muy preliminar en la caracterización del aspecto sensorial de la comunicación en referencia a la noción organizacional de *regulación*, y en particular se estableció como una condición necesaria para la CB la posesión de "mecanismos regulatorios sensorio-efectores". La noción de regulación refiere a ciertas maneras específicas en que los sistemas pueden responder adaptativamente a perturbaciones del entorno, que presuponen un tipo de *desacoplamiento* entre la actividad del sub-sistema regulador y el sistema regulado. Aunque no son equivalentes, la noción de SA (sub-sistema de asociación) y la noción de un sub-sistema regulatorio juegan un rol de *procesos intermediarios*, responsables de producir una contingencia entre los elementos intermediados, de manera que: "Las características reconocibles y específicas de la interacción con el entorno, responsables de gatillar el subsistema regulatorio, *no determinan directamente la respuesta del sistema* (porque el régimen constitutivo es modificado por el sistema regulatorio, no por estas mismas características), sino que activa el subsistema regulatorio". (Bich & Moreno, 2013: 89, cursivas agregadas). La caracterización de la organización sensorio-motora en términos de *regulación* resulta una posibilidad muy interesante a explorar a futuro. Un problema preliminar, sin embargo, es que la noción de regulación requiere que el sub-sistema regulatorio sea funcional en relación al sistema regulado ("El ciclo regulatorio se cierra cuando la modificación del régimen constitutivo le permite lidiar con la característica específica que gatilló la respuesta regulatoria", p.89), sin embargo, la respuesta del receptor no necesariamente debe ser funcional para el receptor según la versión minimalista, centrada en el receptor con las que estamos trabajando de TOC.

5.7 TOC es una teoría impecable conceptualmente

TOC conceptualiza la CB mediante el concepto de *influencia sensorial funcional.* La noción de *influencia sensorial* refiere a la organización sensorio-motora de un sistema, definida en la sección anterior de manera clara, precisa y acorde con el naturalismo. La noción de *funcionalidad biológica*, por otra parte, fue definida mediante algunos conceptos centrales de la tradición organizacional como: *clausura*, *organización diferencial*, *constricciones*, etc., que refieren a ciertos aspectos del régimen causal constitutivo de cierta clase de sistemas auto-mantenidos, a saber, los sistemas biológicos. Así los conceptos organizacionales son conceptos "naturales" —conceptos que no resultan problemáticos y parecen tener cabida dentro de un marco naturalista metodológico.

Por otra parte, los conceptos organizacionales son bastante claros y precisos: si bien aquí, por cuestiones de énfasis y espacio, se han descrito sin mayor detalle, es importante señalar que los teóricos organizacionales han realizado un considerable esfuerzo de clarificación y precisión conceptual, en muchos ocasiones utilizando herramientas formales.[52]

En este sentido, TOC es una teoría que satisface el desideratum de *Impecabilidad conceptual*.

5.8 TOC permite clasificar sistemáticamente las señales comunicativas

Mientras TIC propone clasificar las señales comunicativas en términos de la (problemática) noción de contenido informacional que las señales portan (es decir, en términos de su significado o contenido representacional), una aproximación que entiende la comunicación esencialmente en términos de influencia funcional puede clasificar las señales en términos de las respuestas que las señales tienen la función de gatillar en los receptores. En TEC, esta noción de influencia funcional se especifica mediante la referencia a los efectos en virtud de los cuales la señal fue favorecida por selección natural, y las señales se clasifican en virtud de esos efectos seleccionados. Por otro lado, en TOC la noción de influencia funcional se precisa en términos organizacionales, y de este modo, las señales se calcifican atendiendo al modo en que

[52] En Bich (2016) y Mossio et al. (2016) se especifican y detallan algunas nociones básicas como sistema, organización, constricción, y clausura elementales; en Montévil & Mossio (2015) se caracteriza en términos formales la idea de constricción y clausura, en Bich et al. (2016) se clarifica la noción de regulación; y en Moreno & Mossio (2015) se encuentra una exposición amplia y detallada de la aproximación organizacional.

las respuestas gatilladas por la señal contribuyen al mantenimiento del sistema en el cual la señal es producida.

Dependiendo de la señal en cuestión, este sistema a en algunos casos coincide con el individuo emisor, pero en otros casos corresponde a un sistema más amplio, de mayor nivel, que incluye al emisor como una parte propia. La primera distinción categorial que emerge en esta perspectiva, por tanto, separa aquellas señales que contribuyen al mantenimiento del individuo emisor (*señales de primer nivel*) de aquellas que no contribuyen directamente al mantenimiento del individuo emisor pero sí al mantenimiento de un sistema más amplio del cual el emisor es parte (*señales de segundo nivel)*. Las señales de primer nivel son *señales de supervivencia* respecto del individuo emisor, y se clasifican funcionalmente, de acuerdo al modo en que la influencia que gatillan contribuye a su mantenimiento. Por ejemplo, algunas señales se clasifican como *demandas alimenticias* en tanto gatillan en el receptor la respuesta de proveer alimento al emisor (como en el caso de polluelos y crías de muchas especies animales). Por otra parte, las distintas *señales reproductivas* y *altruistas* serían señales de segundo nivel, y también se clasifican funcionalmente, de acuerdo al modo en que contribuyen específicamente a la reproducción del emisor –por ejemplo, atrayendo parejas reproductivas en el caso de las *llamadas de pareja* (*mating calls*)– o la sobrevivencia o reproducción de receptores incluidos en el sistema de mayor nivel –por ejemplo, gatillando conductas de huida y protección ante predadores, en el caso de las *llamadas de alarma*.

En suma, TOC puede generar un sistema coherente y sistemático de clasificación funcional organizacional de las señales comunicativas.

5.9 TOC resulta operacional y consistente con la práctica científica

Tanto TIC (mediante las teorías teleosemánticas del contenido representacional) como TEC (mediante la caracterización etiológica de la influencia sensorial funcional) conceptualizan la CB en términos de causas últimas e historia evolutiva. Sin embargo, como vimos en el capítulo anterior, el acceso epistémico al pasado evolutivo es, por lo general, difícil. En consecuencia, ni TIC ni TEC son capaces de proveer un criterio operacional de CB –un criterio que sea de ayuda y efectivamente utilizable para identificar interacciones comunicativas y distinguirlas de interacciones no comunicativas. Quizá como un resultado de la falta de operacionalidad de estas teorías,

existen muchas discordancias en el modo en que los científicos operan en la práctica, y lo que TIC y TEC demandan.

En contraste con aquellas teorías, TOC establece que –sin importar cómo evolucionó– un rasgo es una señal en la medida en que está sujeto a un régimen de *clausura organizacional*, influenciando sensorialmente a receptores cuyas respuestas (dependientes de su organización sensorio-motora) contribuyen de manera específica y diferenciada al auto-mantenimiento de un sistema en que el rasgo es producido. Así, TOC define la comunicación en términos de propiedades constitutivas, presentes en el aquí y ahora de las interacciones comunicativas, y por tanto, provee un criterio operacional para el estudio científico de la CB. En concordancia con TOC, al momento de decidir si cierto rasgo es o no una señal, lo que un biólogo de hecho considera es si, y de qué modo, el rasgo contribuye al supervivencia del emisor o a su reproducción –es decir, si el rasgo contribuye al auto-mantenimiento de un sistema en el cual el rasgo mismo es producido.

5.10 TOC: precisiones en relación a TEC y TIC

TIC define la CB en términos de un proceso de codificación, transmisión y decodificación de información semántica o contenido representacional. Supongamos, como Seyfarth et al. (2010) sugiere, que algunas interacciones comunicativas en el mundo biológico efectivamente involucran estos procesos de codificación, transmisión y decodificación de información –sea lo que sea que en términos operacionales eso signifique–, y tales interacciones no pueden sino ser descritas y explicadas en términos informacionales. ¿Implica este supuesto problemas para TOC? No necesariamente: del hecho que *algunos* fenómenos comunicativos involucren información semántica no se sigue que *todos* los fenómenos comunicativos involucren información semántica, y por tanto, que la información semántica deba ser considerada un atributo esencial y definicional de la CB en general. En la medida en que todas las interacciones comunicativas involucren influencia sensorial funcional, pero no todos involucren transmisión de información, entonces TOC no tiene necesidad de incorporar la noción de información como parte de la definición de comunicación.

Supongamos, por otra parte, que se descubriera empíricamente que todas las interacciones que cuentan como comunicativas a la luz de TOC, de hecho son instancias de interacciones mediadas por rasgos que han sido favorecidos por selección natural en virtud de influenciar sensorialmente a otros organismos. –Supongamos, por

ejemplo, que Mark Blumberg está equivocado, y que las VUs de las ratas infantes sí son adaptaciones para gatillar en la madre comportamientos de búsqueda y recuperación. ¿Implica eso algún problema para TOC? No necesariamente. Después de todo, es esperable que si un rasgo contribuye de algún modo al auto-mantenimiento del sistema en que dicho rasgo se produce, dicho rasgo pueda ser favorecido por selección natural. Es decir, es la función organizacional de un rasgo lo que explica su historia evolutiva, el que dicho rasgo llegue a ser una adaptación, y no al revés (Christensen and Bickhard, 2002). En ese sentido, TOC es conceptualmente más amplia que TEC, es confirmada por instancias que confirman a TEC, pero al no definir la comunicación en términos evolutivos, TOC deja abierta la posibilidad a señales que no hayan sido favorecidas por selección natural en virtud de influenciar a receptores.

5.11 Balance general

El presente capítulo tenía como objetivo el planteamiento, desarrollo y articulación de una nueva propuesta teórica sobre la CB: TOC. En sintonía con TEC, TOC entiende la CB en términos de influencia sensorial funcional, pero a diferencia de TEC, TOC elabora esta idea en referencia a las propiedades constitutivas, presentes en el aquí y ahora de las interacciones comunicativas. La noción de *influencia sensorial* se revela en TOC como un elemento de fundamental importancia para entender la comunicación, y este aspecto es especificado en términos de la organización sensorio-motora que necesariamente poseen los participantes de las interacciones comunicativas. Por otra parte, el aspecto *funcional* de la comunicación es especificado en TOC en términos del régimen de clausura organizacional al que están sujetas las señales comunicativas y los sistemas biológicos que interactúan mediante dichas señales.

La comunicación ocurre cuando dos sistemas biológicos interactúan de manera tal que uno de ellos produce una *señal S* ante la cual el otro sistema responde con la respuesta R. En términos organizacionales, eso quiere decir que i) los sistemas en cuestión son sistemas auto-mantenidos, que realizan un régimen de clausura organizacional y poseen una organización sensorio-motora, y ii) que la señal es un rasgo producido por el SM de el emisor, que influencia sensorialmente la producción de una respuesta el receptor, es decir, gatilla un cambio en SS, que gatilla que cambio en SA, que gatilla un cambio en SM que produce la respuesta R, tal que R contribuye al auto-mantenimiento del sistema en el cual el rasgo es producido. Hay casos de comunicación en los que el emisor coincide exactamente con el sistema que la respuesta del receptor ante la señal contribuye a mantener. Sin embargo, a veces puede suceder que el emisor

sea solo una parte propia de tal sistema, tal como vimos en el caso de las señales reproductivas y altruistas. En cualquier caso, TOC puede dar cuenta una interacción comunicativa en la medida en que se puede demostrar que la putativa señal está sujeta a un régimen de clausura organizacional.

TOC presenta importantes virtudes y ventajas comparativas en relación a las demás teorías de la comunicación examinadas en esta investigación. En particular, es la única teoría que satisface adecuadamente los seis desiderata establecidos en el capítulo 1 de esta tesis. La Tabla 5.1 resume y compara el desempeño de las distintas teorías de la comunicación en relación a estos distintos desiderata.

Teorías de la Comunicación Biológica

Desiderata	TIC	TAC&TDC	TEC	TOC
Adecuación extensional	No	No	No	Sí
Impecabilidad conceptual	No	Sí	Sí	Sí
Unificación y sistematización	Sí	No	Sí	Sí
Operacionalidad	No	Sí	No	Sí
Concordancia con la práctica científica	No	Sí	No	Sí
Explicación de AID	Sí	No	No	Sí

Tabla 1.1 Comparación de las distintas teorías sobre la comunicación biológica revisadas en esta investigación, en relación a los distintos *desiderata* propuestos para una teoría general de la comunicación biológica.

De esta manera, TOC parece constituir una adecua teoría general de la comunicación, y una adecuada y completa respuesta a la pregunta: ¿Qué es la comunicación biológica?

6. Conclusión

Luego de haber examinado críticamente distintas teorías generales acerca de la comunicación biológica (TIC, TAC, TDC, TEC), este proyecto de investigación culmina con la propuesta de una nueva teoría general de la comunicación biológica desarrollada en base a la aproximación organizacional a los fenómenos biológicos: TOC.

En sintonía con TAC, TOC considera que la comunicación biológica corresponde a una interacción entre sistemas auto-mantenidos, autopoiéticos, y en sintonía con TDC, TOC considera que la comunicación debe entenderse en términos de las propiedades presentes, constitutivas del aquí y ahora de los fenómenos comunicativos. A diferencia de TAC y TDC, sin embargo, TOC reconoce la dimensión *funcional* de las interacciones comunicativas y así, por ejemplo, logra distinguir señales comunicativas de meras pistas. Interesantemente, el modo en que TOC entiende esta dimensión funcional refiere a la organización circular de los seres vivos tan enfatizada por TAC.

En sintonía con TEC, TOC entiende a la comunicación como un proceso de influencia sensorial funcional. A diferencia de TEC, sin embargo, TOC entiende el aspecto *funcional* de la comunicación no en términos del pasado remoto, evolutivo, sino en términos de las propiedades organizacionales presentes de los sistemas biológicos –en particular, la función de un rasgo se entiende como el efecto del rasgo que contribuye al auto-mantenimiento del sistema en el cual el dicho rasgo es producido. El aspecto *sensorial* de la comunicación –dado por supuesto pero dejado sin explicar por TEC– es entendido en TOC en términos de la organización sensorio-motora de los sistemas biológicos. Esto permite, entre otras cosas, explicar algunas características distintivas de las señales comunicativas (AID), y distinguir las interacciones propiamente comunicativas de aquellas interacciones de influencia funcional medidas por fuerza bruta.

En sintonía con TIC, TOC puede hacer sentido de la noción de "reglas de comunicación" (Wiley, 1983) y puede explicar las características de *Arbitrariedad, Insuficiencia* y *Desporporcionalidad* de las señales (AID). En contraste con TIC, TOC entiende estas "reglas de comunicación" y explica AID no en términos de la codificación y decodificación de información o contenido representacional, sino más bien en términos de la organización sensorio-motora de los sistemas biológicos.

Trabajo futuro

Por supuesto, la teoría elaborada y presentada en el último capítulo de esta tesis –TOC– aún está en ciernes, quedando por delante muchas tareas, tales como:

- tomar posición respecto de la controversia entre las *perspectivas-centradas-en-el emisor* y *las perspectivas cooperativas de la comunicación*;
- tomar posición respecto de la existencia del "engaño animal", donde un emisor putativamente afecta la conducta del receptor mediante

información (semántica) falsa –la mayoría de los científicos reconocen esta categoría de comunicación, pero algunos teóricos de la influencia-evolutiva han propuesto eliminarla (e.g. Morton, 2017);

- examinar la posibilidad de explicar en términos organizacionales la ocurrencia de comunicación *semántica*, donde efectivamente un sistema influencia a otro por medio de representaciones;
- considerar y explicar aquellos casos de comunicación aparentemente no-funcional en términos organizacionales –como la que parece ocurrir entre seres humanos cuando, por ejemplo, conversan sobre filosofía, o la que ocurriría en los contextos de "juego animal", de a cuerdo a las teorías vestigiales del juego; y
- considerar si es que y de qué modo TOC puede contribuir a la defensa de una posición realista sobre la comunicación biológica, en contraste con las posiciones anti-realistas (eliminativistas, ficcionalistas, instrumentalistas, etc.).

Fin.-

Referencias

Allen C, Bekoff M. (1997) *Species of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

Allen, C. (1992). Mental content and evolutionary explanation. *Biology and Philosophy*, 7, 1-12.

Amazeen, P. G., Amazeen, E. L., & Turvey, M. T. (1998). Dynamics of human intersegmental coordination: Theory and research. En D. A. Rosenbaum & C. E. Collyer (Eds.), *Timing of behavior: Neural, computational, and psychological perspectives* (pp. 237–259). Cambridge, MA: MIT Press.

Amundson, R., & Lauder, G. V. (1994). Function without purpose: The uses of causal role function in evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, 9, 443–469.

Anderson, S. R. (2006). *Doctor Dolittle's delusion: Animals and the uniqueness of human language*. New Haven: Yale University Press.

Arch, V. S., & Narins, P. M. (2008). "Silent" signals: Selective forces acting on ultrasonic communication systems in terrestrial vertebrates. *Animal Behaviour*, 76, 1423.

Balari, S., Lorenzo, G., & González, G. L. (2012). Computational phenotypes: towards an evolutionary developmental biolinguistics. Oxford, EN: Oxford University Press..

Ballentine, B., Searcy, W. A., & Nowicki, S. (2008). Reliable aggressive signalling in swamp sparrows. *Animal Behaviour*, *75*, 693-703.

Barrett, N. F. (2014). A dynamic systems view of habits. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 682.

Bartelborth, T. (2002). Explanatory unification. *Synthese*, 130, 91-108.

Bekoff, M., & Allen, C. (1992). Intentional icons: towards an evolutionary cognitive ethology. *Ethology*, *91*, 1-16.

Bich, L. (2016). Systems and organizations: Theoretical tools, conceptual distinctions and epistemological implications. En *Towards a Post-Bertalanffy Systemics*, Eds. G. Minati, M. Abram, E. Pessa (Eds.), Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016; pp. 203–209.

Bich, L., & Moreno, A. (2013) "Autonomía biológica y las raíces de la cognición. El rol de la regulación en a emergencia de un mundo endógenamente generado", en Razeto-Barry, P & Ramos, R (eds.) *Autopoiesis: un concepto vivo*, Editorial Universitas, Santiago de Chile. pp. 75-93.

Bich, L., Mossio, M., Ruiz-Mirazo, K., & Moreno, A. (2016). Biological regulation: controlling the system from within. *Biology & Philosophy*, *31*, 237-265.

Bickhard, M.H. (2000). Autonomy, Function, and Representation. Communication and Cognition, *Artificial Intelligence*, 17, 111-131.

Bickhard, M.H. (2004). Process and Emergence: Normative Function and Representation. *Axiomathes. An International Journal in Ontology and Cognitive Systems*, 14, 121-155

Blumberg, M. S. (2009). *Body heat: temperature and life on earth*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Blumberg, M. S., & Alberts, J. R. (1990). Ultrasonic vocalizations by rat pups in the cold: an acoustic by-product of laryngeal braking?. *Behavioral neuroscience*, 104, 808.

Blumberg, M. S., & Sokoloff, G. (2001). Do infant rats cry?. *Psychological review*, 108, 83.

Blumberg, M. S., Sokoloff, G., Kirby, R. F., & Kent, K. J. (2000). Distress vocalizations in infant rats: what's all the fuss about?. *Psychological Science*, 11, 78-81.

Blumberg, M.S. & Alberts, J.R. (1997). Incidental emissions, fortuitous effects, and the origins of communication. In: Owings DH, Beecher MD, Thompson NS, editors. *Perspectives in ethology*. New York (NY): Plenum Press; p. 225–249.

Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. (2011). *Principles of Animal Communication*. 2th ed, Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Bradbury, J.W. & Vehrencamp, S.L. (1998) *Principles of Animal Communication*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Branham, M.A., Wenzel, J.W. (2001). The evolution of bioluminescence in cantharoids (Coleoptera: Elateriodea). *Florida Entomologist*, 84, 565–586.

Brereton, J. L. (1959). Evolved regulatory mechanisms of population control. En ed. G.W. Leeper (Ed.), *The evolution of living organism*, (pp.81-93). Melbourne: Melbourne University Press.

Brock, S., & Mares, E. (2014). *Realism and Anti-realism*. Chesham: Acumen.

Calvo, P., & Gomila, T. (Eds.). (2008). *Handbook of cognitive science: An embodied approach*. San Diego, CA: Elsevier.

Cameron, A. M. (1966). Some aspects of the behaviour of the soldier crab, Mictyris longicarpus. *Pacific Science* 20: 224-23.

Carazo, P., & Font, E. (2010). Putting information back into biological communication. *Journal of evolutionary biology*, 23, 661-669.

Chemero, A. (2011). *Radical embodied cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.

Christensen, W. & Bickhard, M. (2002). The process dynamics of normative function. *The Monist*, 85(1), 3-28.

Christy, J. H., & Rittschof, D. (2010). Deception in visual and chemical communication in crustaceans. En T. Breithaupt & M. Thiel (Eds.) *Chemical communication in crustaceans* (pp. 313-333). New York, NY: Springer.

Clark, C. J. (2009). Courtship dives of Anna's hummingbird offer insights into flight performance limits. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 276, 3047–3052.

Clark, C. J. (2018). Signal or cue? Locomotion-induced sounds and the evolution of communication. *Animal Behaviour*, *143*, 83-91.

Clark, K. J. (2016). "Naturalism and its discontents". Aparece en: *The Blackwell Companion to Naturalism*, Clark, K. J. (ed.), John Wiley & Sons. pp. 1-15.

Clutton-Brock T.H. and Albon S.D. 1979. The roaring of red deer and the evolution of honest advertisement. *Behaviour* 69: 145–170.

Cohen-Tannoudji, J., Einhorn, J., & Signoret, J. P. (1994). Ram sexual pheromone: first approach of chemical identification. *Physiology & behavior*, *56*, 955-961.

Collier, J. (1999). Autonomy and process closure as the basis for functionality. En G. Chandler & J. L. R. van de Vijver (Eds.) *Closure: Emergent Organizations and their Dynamics.* New York, NY: New York Academy of Sciences.

Cullen, J.M. (1972) "Some principles of animal communication", in Robert A. Hinde (Ed.), *Non-verbal communication*, Cambridge, MA: Cambridge University Press.

D'Ettorre, P. & Hughes, D. Eds. (2008) *Sociobiology of Communication: An interdisciplinary perspective*, Oxford, EN: Oxford University Press.

Davies, N. B. & Krebs, J. R.. (1993). *An introduction to behavioural ecology*. New York: John Wiley & Sons.

Davies, P.S. (2000) Malfunctions. *Biology and Philosophy* 15: 19-28.

Dawkins, M. S. (1995). *Unravelling animal behaviour*. London EN: Longman Scientific & Technical.

Dawkins, R., & Krebs, J. R. (1978). Animal signals: information or manipulation. En J. R. Krebs & N. B. Davies (Eds.) *Behavioural ecology: An evolutionary approach*. Sutherland, MA: Sinauer Associates. pp.282–309.

De Bot, K., Lowie, W., & Verspoor, M. (2007). A dynamic systems theory approach to second language acquisition. *Bilingualism: Language and cognition*, *10*, 7-21.

De Bot, K., Verspoor, M., & Lowie, W. (2005). Dynamic Systems Theory and Applied Linguistics: the ultimate "so what"? *International Journal of Applied Linguistics*, *15*, 116-118.

de Ghett, V. J. (1978). The ontogeny of ultrasound production in rodents. En G. M. Brughardt & M. Bekoff (Eds.), *The development of behavior: Comparative and evolutionary aspects* (pp. 343-365). New York: Garland.

de Sousa, R. (2008). Grades of communication. En P. D'Ettorre & D. P. Hughes (Eds.) *Sociobiology of Communication*. pp. 275-287. Oxford: Oxford University Press.

Delancey, C. (2006). Ontology and teleofunctions: A defense and revision of the systematic account of teleological explanation. *Synthese*, 150, 69-98.

D'Ettorre, P., & Hughes, D. P. (Eds.). (2008). S*ociobiology of communication: an interdisciplinary perspective*. Oxford, EN: Oxford University Press.

Di Paolo, E. A. (1997a). An investigation into the evolution of communication. *Adaptive Behavior*, 6, 285-324.

Di Paolo, E. A. (1997b). Social coordination and spatial organization: Steps towards the evolution of communication. En *Fourth European Conference on Artificial Life*, pp. 464-473.

Di Paolo, E. A. (1999). *On the evolutionary and behavioral dynamics of social coordination: Models and theoretical aspects*. Doctoral dissertation, University of Sussex.

Diggle, S. P., Gardner, A., West, S. A., & Griffin, A. S. (2007). Evolutionary theory of bacterial quorum sensing: when is a signal not a signal?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 362(1483), 1241-1249.

Diggle, S. P., Griffin, A. S., Campbell, G. S., & West, S. A. (2007b). Cooperation and conflict in quorum-sensing bacterial populations. *Nature*, 450(7168), 411.

Doncieux, S., Bredeche, N., Mouret, J. B., & Eiben, A. E. G. (2015). Evolutionary robotics: what, why, and where to. *Frontiers in Robotics and AI*, 2, 4.

Dretske, F. (1986). "Misrepresentation". En R. Bogdan (ed.). *Belief*. Oxford, EN: Oxford University Press.

Dretske, F. (1988). *Explaining Behavior*. Cambridge, MA: MIT Pres.

Duan, K., Sibley, C. D., Davidson, C. J., & Surette, M. G. (2009). Chemical interactions between organisms in microbial communities. En M. Collin & R. Schuch (Eds.), *Bacterial sensing and signaling* (Vol. 16, pp. 1-17). Basel: Karger Publishers.

Eck, D., Gasser, M., & Port, R. (2000). Dynamics and embodiment in beat induction. En P. Desain (Ed.), *In Rhythm Perception and Production*. (pp.157-170), Lisse: . Swets and Zeitlinger Publishers.

Fischer, J. (2011). Where is the information in animal communication. *Animal thinking: Contemporary issues in comparative cognition*, 151-161

Fitch, W. T. (2014). Information considered harmful in animal communication. *Current Biology* Vol 24 No1, R8-R10

Fögen, T. (2014). Animal Communication. *The Oxford Handbook of Animals in Classical Thought and Life*, 216-232.

Francis, R. (2003). *Why Men Won't Ask for Directions: The Seductions of Sociobiology*, Princeton: Princeton University Press.

Frick, R. (2013) "Autopoiesis y evolución: encuentros y desencuentros entre el programa autopoiético y el programa darwiniano", en Razeto-Barry, P & Ramos, R (eds.) *Autopoiesis: un concepto vivo*, Editorial Universitas, Santiago de Chile. pp. 129-168.

Frick, R., L. Bich & A. Moreno (2018) "An organisational approach to biological communication" (*submitted manuscript*).

Gagliano, M. (2013). Green symphonies: a call for studies on acoustic communication in plants. *Behavioral Ecology*, 24 (4).

Gardner, P. M., Winzer, K., Davis, B. G. (2009). Sugar synthesis in a protocellular model leads to a cell signalling response in bacteria. *Nature Chemistry* 1(5), 377-383.

Garzón, P. C., & Keijzer, F. (2009). Cognition in plants. En *Plant-environment interactions* (pp. 247-266). Springer, Berlin, Heidelberg.

Ghoul, M., Griffin, A. S., & West, S. A. (2014). Toward an evolutionary definition of cheating. *Evolution*, *68*(2), 318-331.

Godfrey-Smith, P. & Sterelny, K. (2016) "Biological Information", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/sum2016/entries/information-biological/>.

Godfrey-Smith, P. (1994). A modern history theory of functions. *Noûs*, *28*(3), 344-362.

Godfrey-Smith, P. (2014). Sender-receiver systems within and between organisms. *Philosophy of Science*, 81(5), 866-878.

Görlich, D., Artmann, S., & Dittrich, P. (2011). Cells as semantic systems. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, *1810*(10), 914-923.

Gould, S. J., & Lewontin, R. C. (1979). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. Pr*oceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 205(1161), 581-598.

Green, S., & Marler, P. (1979). The analysis of animal communication. En *Social behavior and communication* (pp. 73-158). Springer, Boston, MA.

Greenberg, E. P. (1997). Quorum sensing in gramnegative bacteria. *ASM news*, *63*, 371-377.

Griffiths, P., & Stotz, K. (2013). *Genetics and philosophy: An introduction*. Cambridge University Press.

Griffiths, P.E. (2001). "Genetic Information: A Metaphor in Search of a Theory", *Philosophy of Science*, 68: 394–412.

Haken, H., Kelso, J. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological cybernetics*, *51*(5), 347-356.

Hall, M. L. (2009). A review of vocal duetting in birds. *Advances in the Study of Behavior*, *40*, 67-121.

Harvey, I., Paolo, E. D., Wood, R., Quinn, M., & Tuci, E. (2005). Evolutionary robotics: A new scientific tool for studying cognition. Artificial life, 11(1-2), 79-98.

Hauser, M. D. (1996). *The Evolution of Communication*. Cambridge, MA: MIT Press.

Heil, M., & Karban, R. (2010). Explaining evolution of plant communication by airborne signals. *Trends in ecology & evolution*, *25*(3), 137-144.

Helbing, D., & Johansson, A. (2009). Pedestrian, crowd and evacuation dynamics. En *Encyclopedia of complexity and systems science* (pp. 6476-6495). Springer, New York, NY.

Hirth, D. H., & McCullough, D. R. (1977). Evolution of alarm signals in ungulates with special reference to white-tailed deer. *The American Naturalist*, 111(977), 31-42.

Horisk, C., & Cocroft, R. B. (2013). Animal signals: always influence, sometimes information. En *Animal Communication Theory: Information and Influence*, Stegmann, U. (Ed). pp. 259-.

Hurd, P. L., & Enquist, M. (2005). A strategic taxonomy of biological communication. *Animal Behaviour*, 70(5), 1155-1170.

Hutto, D. D., & Myin, E. (2012). *Radicalizing enactivism: Basic minds without content*. Cambridge, MA: MIT Pres.

Hutto, D. D., & Myin, E. (2017). *Evolving enactivism: Basic minds meet content*. Cambridge, MA: MIT Pres.

Jackson, D. E., & Ratnieks, F. L. (2006). Communication in ants. *Current biology*, *16*(15), R570-R574.

Jacob, P. (1997). *What minds can do: Intentionality in a non-intentional world*. Cambridge University Press.

Johnson-Laird, P.N. (1990) What is communication. En Mellor, D.H., (Ed.), *Ways of Communicating*. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1-13.

Karban, R., & Orrock, J. L. (2018). A judgment and decision-making model for plant behavior. *Ecology*, doi.org/10.1002/ecy.2418

Keely, S. J. (2017). Decoding host–microbiota communication in the gut – now we're flying! *The Journal of Physiology,* 595(2), 417-418.

Keller, L., & Surette, M. G. (2006). Communication in bacteria: an ecological and evolutionary perspective. *Nature Reviews Microbiology*, 4(4), 249-258.

Kelso, J. A. (1995). Scott (1995): D*ynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge: MIT Press.

King, B. J. (2009). *The dynamic dance: nonvocal communication in African great apes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

King, B. J., & Shanker, S. G. (2003). How can we know the dancer from the dance? The dynamic nature of African great ape social communication. *Anthropological Theory*, *3*(1), 5-26.

Laidre, M. E. (2009). How often do animals lie about their intentions? An experimental test. *The American Naturalist*, *173*(3), 337-346.

Laidre, M. E., & Johnstone, R. A. (2013). Animal signals. *Current Biology*, *23*(18), R829-R833.

Lakatos, I. (1978). *La metodología de los programas científicos de investigación*. Maridad: Alianza.

Levy, A. (2011). Information in Biology: A Fictionalist Account . *Noûs*, 45(4), 640-657.

Lewis, D.B. & Gower, D.M. (1980). *The Biology of Communication*. London: Blackie.

Lloyd, E. A. (2015). Adaptationism and the logic of research questions: how to think clearly about evolutionary causes. *Biological Theory*, 10(4), 343-362.

Lloyd, J. (1966). Studies on the flash communication system in Photinus fireflies. *Miscellaneous Publication of Museum of Zoology of University of Michigan* 130, 1-95.

Lloyd, J. E. (1975). Aggressive mimicry in Photuris fireflies: signal repertoires by femmes fatales. *Science*, *187*(4175), 452-453.

Logue, D. M., & Krupp, D. B. (2016). Duetting as a collective behavior. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *4*, 7.

Macedonia, J. M., & Evans, C. S. (1993). Variation among mammalian alarm call systems and the problem of meaning in animal signals. *Ethology*, *93*(3), 177-197.

Marc D. Hauser (1996). *The Evolution of Communication*. Cambridge, MA: MIT Press.

Marler, P. (1967). Animal Communication Signals: We are beginning to understand how the structure of animal signals relates to the function they serve. *Science*, *157*(3790), 769-774.

Maturana, H. & Varela, F. J. ([1973]1980). *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*. Boston Studies in the Philosophy of Science New York, NY, 42, 1-141.

Maturana, H. (1975). The organization of the living: A theory of the living organization, *International Journal of Man-Machine Studies*, 7, 313-332.

Maturana, H. (1978). Biology of language: The epistemology of reality, in Miller, G., and E. Lenneberg (eds.), *Psychology and Biology of Language and Thought: Essays in Honor of Eric Lenneberg*, New York: Academic Press. pp. 27-64.

Maturana, H. (1988a) Reality: The search for objectivity or the quest for a compelling argument, *Irish Journal of Psychology*, 9, 1, 25-82.

Maturana, H. (1988b). Ontology of observing: The biological foundations of self consciousness and the physical domain of existence. En Donaldson, R. (Ed.), *Texts in Cybernetic Theory: An In- Depth Exploration of the Thought of Humberto Maturana, William T. Powers, and Ernst von Glasersfeld*, Felton CA: American Society for Cybernetics.

Maturana, H., & Guiloff, G. (1980). The quest for the intelligence of intelligence, *Journal of Social and Biological Structures*, 3, 135-148.

Maynard Smith, J. & Harper, D.G.C. 2003. *Animal Signals*. Oxford: Oxford University Press.

Maynard Smith, J., & Harper, D. G. (1995). Animal signals: models and terminology. *Journal of theoretical biology*, *177*(3), 305-311.

Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (1988). *Toward a new philosophy of biology: Observations of an evolutionist*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mazur, J. E. (1998). *Learning and behavior*. 4th ed. Prentice Hall.

McAninch, A., Goodrich, G., & Allen, C. (2009). Animal communication and neo-expressivism. En R. W. Lurz, (Ed.). *Philosophy of Animal Minds: New Essays on Animal Thought and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 128-144.

McLaughlin, P. (2001). *What Functions Explain. Functional Explanation and Self-Reproducing Systems*. Cambridge University Press, Cambridge.

Miklósi, Á. (2002). Can dancing replace scientific approach: Lost (again) in chimpocentrism. *Behavioral and Brain Sciences*, *25*(5), 633-634.

Millikan, R. G. (1984). *Language, Thought, and Other Biological Categories: New Foundations for Realism*. Cambridge, MA: MIT Press.

Millikan, R. G. (1989). Biosemantics. *The Journal of Philosophy*, *86*(6), 281-297.

Millikan, R. G. (1989). En defense of proper functions. *Philosophy of science*, *56*(2), 288-302.

Millikan, R.G. (1993). *White Queen Psychology and Other Essays for Alice*. Cambridge, MA: MIT Press.

Mitchell, R. W. (1986). A framework for discussing deception. En: Mitchell, R. W., & Thompson, N. S. (Eds.). *Deception: Perspectives on human and nonhuman deceit*. New York: SUNY Press. pp. 3-40.

Moiseff, A., Pollack, G. S., & Hoy, R. R. (1978). Steering responses of flying crickets to sound and ultrasound: mate attraction and predator avoidance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 75(8), 4052-4056.

Møller, A. P. (1988). False alarm calls as a means of resource usurpation in the great tit Parus major. *Ethology*, *79*(1), 25-30.

Møller, A. P. (1990). Deceptive use of alarm calls by male swallows, Hirundo rustica: A new paternity guard. *Behavioral Ecology*, *1*(1), 1-6.

Montévil, M., & Mossio, M. (2015). Biological organisation as closure of constraints. *Journal of Theoretical Biology*, *372*, 179-191.

Moreno, A., Mossio, M. (2015) *Biological autonomy: a philosophical and theoretical enquiry*. Dordrecht: Springer.

Morgan, C. L. (1894). *An Introduction to Comparative Psychology*. London: The Walter Scott Publishing Co.

Morton, E. S. (2017). *Animal Vocal Communication: Assessment and Management Roles*, 2th ed, Cambridge, Cambridge University Press.

Morton, E. S., & Coss, R. G. (2013). Mitogenetic rays and the information metaphor: transmitted information has had its day. *Animal Communication Theory: Information and Influence*, 207.

Mossio, M., & Saborido, C. (2016). Functions, Organization and Etiology: A Reply to Artiga and Martinez. *Acta biotheoretica*, *64*(3), 263-275.

Mossio, M., and Bich, L. (2017). What makes biological organisation teleological? *Synthese*, 194(4), 1089-1114

Mossio, M., Montévil, M., & Longo, G. (2016). Theoretical principles for biology: Organization. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, *122*(1), 24-35.

Mossio, M., Saborido, C. & Moreno, A. (2009). An Organizational Account of Biological Functions. *British Journal of Philosophy of Science*, 60(4), 813-841.

Mpodizis, J. (2013). "Sobre la necesidad de la autopoiesis", en Razeto-Barry, P & Ramos, R (eds.) *Autopoiesis: un concepto vivo*, Santiago de Chile: Editorial Universitas. pp. 118-123.

Munn, C. A. (1986). The deceptive use of alarm calls by sentinel species in mixedspecies flocks of neotropical birds. *Deception: Perspectives on human and nonhuman deceit*, 169-176.

Nanay, B. (2014). Teleosemantics without etiology. *Philosophy of Science*, *81*(5), 798-810.

Neander, K. (1991). The teleological notion of 'function'. *Australasian Journal of Philosophy*, *69*(4), 454-468.

Noble, J. (1998). *The evolution of animal communication systems: questions of function examined through simulation* (Doctoral dissertation, University of Sussex).

Nunes-Neto N., Moreno A., and El-Hani C. N. (2014). Function in ecology: An organizational approach. *Biology & Philosophy*, 29(1), 123–141

Ota, N., Gahr, M., & Soma, M. (2015). Tap dancing birds: the multimodal mutual courtship display of males and females in a socially monogamous songbird. *Scientific reports*, *5*, 16614.

Otte, D. (1974). Effects and functions in the evolution of signaling systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 385-417.

Owings, D. H., & Morton, E. S. (1997). The role of information in communication: An assessment/management approach. En D. H. Owings, M. D. Beecher & N. Thompson, eds.,*Communication. Perspectives in Ecology*, Vol. 12. New York: Plenum Press. pp. 359-390.

Owings, D. H., & Morton, E. S. (1998). *Animal vocal communication: a new approach*. Cambridge University Press.

Owren, M. J., & Rendall, D. (1997). An affect-conditioning model of nonhuman primate vocal signaling. En En D. H. Owings, M. D. Beecher & N. Thompson, eds.,*Communication. Perspectives in Ecology*, Vol. 12. New York: Plenum Press. pp. 299-346.

Owren, M. J., & Rendall, D. (2001). Sound on the rebound: bringing form and function back to the forefront in understanding nonhuman primate vocal signaling. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, *10*(2), 58-71.

Owren, M. J., & Rendall, D. (2013b) "Comments" [about Scarantino (2013)]. En . En Stegmann, U. (Ed.). (2013). *Animal communication theory: information and influence*. Cambridge University Press. p. 82.

Owren, M. J., Rendall, D., & Ryan, M. J. (2010). Redefining animal signaling: influence versus information in communication. *Biology & Philosophy*, *25*(5), 755-780.

Papineau, D. (2016). "Naturalism", en The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/naturalism/>.

Pattee, H. H. (1973). "The Physical Basis and Origin of Hierarchical Control", in H. H. Pattee (Ed.), *Hierarchy Theory*, New York: Braziller. pp. 73–108.

Perkins, T. J., & Swain, P. S. (2009). Strategies for cellular decision-making. *Molecular systems biology*, *5*(1), 326-340.

Piaget J. (1967). *Biologie et Connaissance*. Gallimard, Paris.

Pigliucci, M., & Kaplan, J. (2000). The fall and rise of Dr Pangloss: adaptationism and the Spandrels paper 20 years later. *Trends in ecology & evolution*, 15(2), 66-70.

Rampioni, G., Mavelli, F., Damiano, L., D'Angelo, F., Messina, M., Leoni, L., Stano, P. (2014). A synthetic biology approach to bio-chem-ICT: first moves towards chemical communication between synthetic and natural cells. *Natural Computing*, 13, 333–349.

Rampioni, G., Mavelli, F., Damiano, L., D'Angelo, F., Messina, M., Leoni, L., & Stano, P. (2014). A synthetic biology approach to bio-chem-ICT: first moves towards chemical communication between synthetic and natural cells. *Natural Computing*, *13*(3), 333-349.

Ramsey, W. M. (2007). *Representation reconsidered*. Cambridge University Press.

Raven, H.P., K. A. Mason, J B. Losos, S.R. Singer (2017) *Biology*. 11th Ed. New York: McGraw-Hill Education.

Real, L. (Ed.). (1994). *Behavioral mechanisms in evolutionary ecology*. University of Chicago Press.

Rendall, D., & Owren, M. J. (2013). Communication without meaning or information: abandoning language-based and informational constructs in animal communication theory. En Stegmann, U. (Ed.). (2013). *Animal communication theory: information and influence*. Cambridge University Press. pp. 151-182.

Rendall, D., & Vasey, P. (2002). Metaphor muddles in communication theory. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(5), 637-637.

Rendall, D., Owren, M. J., & Ryan, M. J. (2009). What do animal signals mean?. *Animal Behaviour*,*78*(2), 233-240.

Riley, J. R., Greggers, U., Smith, A. D., Reynolds, D. R., & Menzel, R. (2005). The flight paths of honeybees recruited by the waggle dance. *Nature*, 435 (7039), 205-207.

Roitblat, H. L. (1982). The meaning of representation in animal memory. *Behavioral and Brain Sciences*, *5*(3), 353-372.

Rosen R. (1972). Some relational cell models: The metabolism-repair systems. En R. Rosen (Ed.), *Foundations of Mathematical Biology. Volume II Cellular Systems*. Academic Press: New York. pp. 217–253.

S. Green, “Philosophy of Systems and Synthetic Biology,” in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, (E. N. Zalta, ed.), https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/systems-synthetic-biology, 2017.

Saborido, C., Mossio, M., & Moreno, A. (2011). Biological organization and cross-generation functions. The British Journal for the Philosophy of Science, 62(3), 583-606.

Salmon, W. C. (1998). *Causality and explanation*. Oxford: Oxford University Press

Sarkar, S. (1996). Biological information: A sceptical look at some central dogmas of molecular biology. The Philosophy and History of Molecular Biology: New Perspectives. S. Sarkar. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 183: 187-232.

Sarkar, S. (2009)."Genes Encode Information for Phenotypic Traits". En *Contemporary debates in philosophy of biology,* Ayala, F. J., & Arp, R. (Eds.). John Wiley & Sons.

Scarantino, A. (2010). Animal communication between information and influence. *Animal Behaviour*, *79*(6), e1-e5.

Scarantino, A. (2013). Animal communication as information-mediated influence. En Stegmann, U. (Ed.). (2013). *Animal communication theory: information and influence*. Cambridge University Press. pp. 63-81.

Scattoni, M. L., Crawley, J., & Ricceri, L. (2009). Ultrasonic vocalizations: a tool for behavioural phenotyping of mouse models of neurodevelopmental disorders. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33(4), 508-515.

Schaefer, H. M., & Ruxton, G. D. (2009). Deception in plants: mimicry or perceptual exploitation?. *Trends in Ecology & Evolution*, *24*(12), 676-685.

Schaefer, H. M., & Ruxton, G. D. (2011). *Plant-animal communication*. Oxford University Press: Oxford. [Kindle edition]

Schiestl, F. P., Peakall, R., Mant, J. G., Ibarra, F., Schulz, C., Franke, S., & Francke, W. (2003). The chemistry of sexual deception in an orchid-wasp pollination system. *Science*, *302*(5644), 437-438.

Schlosser, G. (1998). Self-re-production and functionality: A systems theoretical approach to teleological explanation. Synthese, 116, 303–354.

Schwarting, R. K. W., & Wöhr, M. (2012). On the relationships between ultrasonic calling and anxiety-related behavior in rats. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 45(4), 337-348.

Scott-Phillips, T. C. (2008). Defining biological communication. *Journal of evolutionary biology*, *21*(2), 387-395.

Scott-Phillips, T. C. (2009). The quest for a general account of communication: A review of Sociobiology of Communication. Journal of Evolutionary Psychology, 7(3), 245-249.

Scott-Phillips, T. C., & Kirby, S. (2013). Information, influence and inference in language evolution. *Animal Communication Theory: information and influence*, 421.

Scott-Phillips, T. C., Blythe, R. A., Gardner, A., & West, S. A. (2012). How do communication systems emerge?. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *279*(1735), 1943-1949.

Searcy, W. A., & Nowicki, S. (2005). *The Evolution of Animal Communication: Reliability and Deception in Signaling Systems*. Princeton University Press.

Sellars, W. (1963) Philosophy and the Scientific Image of Man, *Science, Perception and Reality*, Routledge & Kegan Paul Ltd; London.

Semple, S., & McComb, K. (1996). Behavioural deception. *Trends in Ecology & Evolution*, *11*(10), 434-437.

Seyfarth, R. M., Cheney, D. L., & Marler, P. (1980). Monkey responses to three different alarm calls: evidence of predator classification and semantic communication. *Science*, *210*(4471), 801-803.

Seyfarth, R. M., Cheney, D. L., & Marler, P. (1980). Vervet monkey alarm calls: semantic communication in a free-ranging primate. *Animal Behaviour*, *28*(4), 1070-1094.

Seyfarth, R. M., Cheney, D. L., Bergman, T., Fischer, J., Zuberbühler, K., & Hammerschmidt, K. (2010). The central importance of information in studies of animal communication. *Animal Behaviour*, 80(1), 3-8.

Shair, H. N., & Jasper, A. (2003). Decreased venous return is neither sufficient nor necessary to elicit ultrasonic vocalisations of infant rat pups. Behavioral neuroscience, 117(4), 840.

Shanker, S. G., & King, B. J. (2002). The emergence of a new paradigm in ape language research. *Behavioral and Brain Sciences*, *25*(5), 605-620.

Shapiro, L. (2010). *Embodied cognition*. Routledge.

Shettleworth, S. J. (2001). Animal cognition and animal behaviour. *Animal behaviour*, *61*(2), 277-286.

Shivanna, K. R. (Ed.). (2014). Reproductive biology of plants. CRC Press

Shrader-Frechette, K. S., & McCoy, E. D. (1993). Method in ecology: strategies for conservation. Cambridge University Press.

Silverman, J. L., Yang, M., Lord, C., & Crawley, J. N. (2010). Behavioural phenotyping assays for mouse models of autism. Nature Reviews Neuroscience, 11(7), 490-502.

Slater, P.J.B. (1983). The study of communication. In T. R. Halliday & P. J. B. Slatern (Eds), *Animal Behaviour 2: Communication*, Oxford: Blackwell. pp. 9–42.

Smith, J. M. (1965). The evolution of alarm calls. *The American Naturalist*, 99(904), 59-63.

Stegmann, U. (2013, b). A primer on information and influence in animal communication. En Stegmann, U. (Ed.). (2013). *Animal communication theory: information and influence*. Cambridge University Press. pp. 1-39.

Stegmann, U. (Ed.). (2013). *Animal communication theory: information and influence*. Cambridge University Press.

Stegmann, U. E. (2005). John Maynard Smith's notion of animal signals. *Biology and Philosophy*, *20*(5), 1011-1025.

Stegmann, U. E. (2009). A consumer-based teleosemantics for animal signals. *Philosophy of Science*, *76*(5), 864-875.

Straub, R. O., & Terrace, H. S. (1981). Generalization of serial learning in the pigeon. *Animal Learning & Behavior*, *9*(4), 454-468.

Takahashi, D. Y., Narayanan, D. Z., & Ghazanfar, A. A. (2013). Coupled oscillator dynamics of vocal turn-taking in monkeys. *Current Biology*, *23*(21), 2162-2168.

Tamura, N. (1995). Postcopulatory mate guarding by vocalization in the Formosan squirrel. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *36*(6), 377-386.

Thelen, E. (1995). Motor development: A new synthesis. *American psychologist*, *50*(2), 79-95.

Thelen, E., Schöner, G., Scheier, C., & Smith, L. B. (2001). The dynamics of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching. *Behavioral and brain sciences*, *24*(1), 1-34.

Trianni, V. (2014). Evolutionary robotics: model or design?. *Frontiers in Robotics and AI*, 1, 13.

Vallacher, R. R., & Nowak, A. (1998). *Dynamical systems in social psychology*. San Diego: Academic Press.

Van Gelder, T. (1995). What might cognition be, if not computation?. *The Journal of Philosophy*, *92*(7), 345-381.

Van Gelder, T. (1998). The dynamical hypothesis in cognitive science. *Behavioral and brain sciences*, *21*(5), 615-628.

van Rooij, I., Bongers, R. M., & Haselager, F. G. (2002). A non-representational approach to imagined action. *Cognitive Science*, *26*(3), 345-375.

Varela, F. J. (1997). Patterns of life: intertwining identity and cognition. *Brain and Cognition* 34, 72-84.

Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge, MA: MIT Press.

Vargas, P. A., Di Paolo, E. A., Harvey, I., & Husbands, P. (Eds.). (2014). *The horizons of evolutionary robotics*. Cambridge, MA: MIT Press.

von Frisch, K. (1967). *The Dance Language and Orientation of Bees*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Waters, C. M., & Bassler, B. L. (2005). Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, *21*, 319-346.

West, S. A., Griffin, A. S. & Gardner, A., (2007). Social semantics: altruism, cooperation, mutualism, strong reciprocity and group selection. *Journal of evolutionary biology*, 20(2), 415-432.

West-Eberhard, M. J. (1983). Current Problems in Sociobiology: An Adaptationist Review. *Evolution*, 37, 1325-1326.

Wester, P., & Lunau, K. (2017). Plant–Pollinator Communication. En *Advances in Botanical Research*(Vol. 82. pp. 225-257). Academic Press.

Wheeler, B. C. (2009). Monkeys crying wolf? Tufted capuchin monkeys use anti-predator calls to usurp resources from conspecifics. *Proceedings of the Royal Society of London B:* 276(1669), 3013–3018.

Wiley, R. H. (1994). Errors, exaggeration, and deception in animal communication, en Real, L. (Ed.). *Behavioral mechanisms in evolutionary ecology*. University of Chicago Press. pp. 157-189.

Williams, G.C. (1966). *Adaptation and Natural Selection*. Princeton, N.J: Princeton University Press.

Williams, G.C. (1992). *Natural Selection: Domains, Levels and Challenges*, Oxford: Oxford University Press.

Wilson, E. O. (1962). Chemical communication among workers of the fire ant Solenopsis saevissima (Fr. Smith): 2. An information analysis of the odour trail. *Animal Behaviour*, *10*(1-2), 148-158.

Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology: the new synthesis*. Cambridge, MA: Belknap.

Wilson, R. S., & Angilletta Jr, M. J. (2015). Dishonest signaling during aggressive interactions: theory and empirical evidence. En D.J. Irschick, M. Briffa & J. Podos (Eds.). Animal signaling and function: an integrative approach, Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell. pp. 205–228.

Youmans, W. B., Tjioe, D. T., & Tong, E. Y. (1974). Control of involuntary activity of abdominal muscles. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *53*(2), 57-74.