

La minusvaloración de la comunicación animal: un ejemplo con la danza de las abejas

Undervaluing animal communication: an example with the bee dance

Víctor M. Longa

Universidade de Santiago de Compostela
victormanuel.longa@usc.es

Resumen

Aunque la comunicación animal es un hecho innegable, cuestión diferente es reconocer su gran sofisticación. A pesar de múltiples evidencias sobre la complejidad de muchos sistemas comunicativos animales, esta complejidad es a veces relativizada o negada mediante distintas estrategias. Este trabajo ilustra una de esas estrategias, que consiste en rebajar el tipo de referencia usado por los animales. En concreto, aborda una de las conductas comunicativas animales más representativas, la danza de las abejas. Aunque Karl von Frisch mostró hace mucho tiempo que la danza constituye un sistema simbólico, esto está lejos de ser aceptado. De hecho, muchos autores niegan su carácter simbólico o arbitrario, sosteniendo que en realidad tiene un formato icónico. El artículo discute críticamente y rebate la supuesta iconicidad de la danza, mostrando que unos insectos como las abejas disponen de un modo de referencia arbitrario.

Palabras clave: danza de las abejas, simbolicidad, arbitrariedad, iconicidad, tipos de referencia.

Abstract

While animal communication can hardly be denied, a different matter is to recognize its great sophistication. Despite much evidence on the complexity of many animal communicative systems, such a complexity is sometimes neglected or relativized through different strategies. This paper illustrates one of them, i.e. to downplay the type of

Sección Artículos / Articles Section

Received: 18/04/2025. Final version: 04/09/2026

© 2026 Instituto de Filosofía, Universidad de Valparaíso
Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología (AIFIBI)



This article is distributed under the terms of the Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

reference animals make use of. Specifically, it deals with one of the most representative communicative behaviors, the bee dance. Although Karl von Frisch showed many years ago that it has a symbolic nature, this is far from being unanimously accepted. In fact, many scholars deny its symbolic or arbitrary nature and contend that it is endowed with an iconic nature. The article critically discusses and refutes the alleged iconicity of bee dance and shows that insects like bees do have an arbitrary mode of reference.

Keywords: bee dance, simbolicity, arbitrariness, iconicity, types of reference.

1. Introducción

Aunque existe consenso unánime en aceptar que los animales se comunican, otra cuestión es reconocer que su comunicación puede ser realmente compleja: aquí, el consenso se quiebra. Hay diferentes maneras de cuestionar esa complejidad, y este artículo ofrece un ejemplo, referido al que quizás es el sistema comunicativo animal más característico, la danza de las abejas. Este sistema no solo es semántico (en el sentido de Hockett, 1958), sino plenamente simbólico, conformando un “simbolismo geométrico” (Griffin, 1992, p. 195) que expresa relaciones espaciales muy sofisticadas (Gallistel, 1998; Longa, 2014). Esto justifica afirmar que la danza es “el sistema simbólico más complejo descodificado hasta la fecha en el mundo animal” (Crist, 2004, p. 7). Por ello, según Griffin (1997, p. 27), si algo semejante a esa danza se hubiese descubierto en mamíferos habría sido ya sorprendente, pero hallarla en insectos fue sencillamente revolucionario.

Obviamente, considerar la danza como un sistema simbólico implica defender su naturaleza arbitraria y no icónica, al menos en aspectos centrales. Sin embargo, ese simbolismo, establecido por Karl von Frisch desde la década de 1940, dista mucho de ser aceptado: bastantes autores afirman que la danza no exhibe un formato arbitrario sino icónico, careciendo así de simbolicidad. El ejemplo más conocido de esta oposición es Adrian Wenner, que durante décadas se afanó en negar la tesis simbólica de von Frisch (*cf.* Wells & Wenner, 1973; Wenner & Wells, 1990) y sostuvo su iconicidad, pues según Wenner las abejas encuentran la fuente gracias al olor de la muestra que la exploradora lleva al nido¹. Sin embargo, la tecnología rebatió la tesis de Wenner (*cf.* Michelsen, 1999), empleando abejas mecánicas que no incorporaban ningún aroma pero que reclutaban obreras que llegaban a las fuentes indicadas en las

¹ En realidad, Wenner retomó la primera hipótesis de von Frisch, según la que “el aroma de las flores es el principal factor que permite a las abejas reconocer las diferentes flores” (von Frisch, 1937, p. 31). Será más tarde, en los años 40, cuando este etólogo formule su tesis simbólica.

danzas. En todo caso, la defensa de la iconicidad y consiguiente negación de la arbitrariedad trasciende a Wenner: muchos autores sostienen que la danza es icónica, de manera completa o predominante².

En realidad, este es un ejemplo representativo del rechazo de la sofisticación de la comunicación animal, pues implica considerar (de manera implícita) que la simbolicidad es un mecanismo demasiado complejo como para ser poseído por animales, y más aún por insectos. Precisamente, el objetivo del presente trabajo es rebatir la tesis de que la danza de las abejas es icónica, lo cual no hace justicia a la complejidad de esa conducta, minusvalorando ese sistema comunicativo. Aunque en él hay algún vestigio de iconicidad, su organización semiótica es fundamentalmente arbitraria, simbólica. Para acometer este objetivo, el trabajo se estructura así: el apartado 2 caracteriza brevemente la comunicación de las abejas y el 3 expone una muestra de autores que, antaño y hogaño, sostienen la iconicidad de la danza, negando su estatus arbitrario o simbólico. Por su parte, el apartado 4 rebate esas opiniones, mostrando que, si bien la danza posee algún grado de iconicidad, esta relación es secundaria, siendo la arbitrariedad la relación central en que se asienta la arquitectura de la danza. El apartado 5 discute una posible razón que podría subyacer a la defensa del formato icónico de la danza, vinculada con el mecanismo de referencia de la danza. El apartado 6 expone las principales conclusiones del trabajo.

2. El diseño de la danza de las abejas: principales aspectos

Las abejas son insectos himenópteros de la familia *Apoidea*, con unas 17.500 especies catalogadas (Michener, 2007, p. 66). Evolucionadas a partir de avispas solitarias ancestrales, su antigüedad es de al menos 100 millones de años según su fósil más antiguo (Poinar & Danforth, 2006; Danforth & Poinar, 2011). La principal actividad de esos insectos es recolectar néctar y polen, pero también recogen aceites florales muy nutritivos (Danforth, 2007, p. R160) y agua para refrigerar el nido en verano o resina para repararlo (Michener, 2007, p. 17).

Cuando una abeja exploradora encuentra una fuente de comida, toma una muestra y regresa al nido para indicar su ubicación a sus compañeras, ejecutando una danza que recluta obreras para procesar y recoger el alimento de esa fuente. La danza era conocida desde hacía mucho tiempo, pero se creía que la abeja danzarina guiaba a las obreras reclutadas hasta la fuente. Pero von Frisch descubrió que la danzarina no acompaña a las reclutadas: se queda en el nido ejecutando la danza en otros lugares concurridos: es la información de la danza la que permite a las reclutadas llegar a la fuente.

² Y algunos extienden incluso ese dominio de la iconicidad a las señales animales en general: Yule (2006, p. 10) sostiene la iconicidad “para la mayoría de las señales animales”, y Beecher (2021, p. 3) afirma que “muchas, quizás la mayor parte de señales animales, no son arbitrarias”.

No obstante, estimar esa información no es sencillo: cuando una exploradora sale del nido para buscar nuevas fuentes, su búsqueda es al azar, como sucede con todo animal. Cuando encuentra una fuente provechosa, vuelve al nido trazando una recta desde la fuente (aunque desde esta no divise el nido) y estima durante la vuelta la posición de la fuente con respecto al nido; sin embargo, en el nido indica a sus compañeras la dirección opuesta (del nido a la fuente), que la exploradora no trazó. Esto indica una cognición espacial y una comunicación muy sofisticadas; por ello, desde que von Frisch descubrió esa sofisticación, la danza representa el caso más complejo de conducta comunicativa animal.

Esa complejidad se advierte incluso en los canales sensoriales implicados: la danza es el ejemplo más representativo de sistema multimodal (Partan & Marler, 1999; 2005), al usar al menos cuatro canales: visual, auditivo, táctil y olfativo (*cf.* Grüter & Farina, 2009). En realidad, el canal visual es muy reducido, pues la gran mayoría de danzas se ejecutan dentro del nido, donde reina una oscuridad absoluta. Esto significa que las seguidoras de la danza deben estimar la información ofrecida en ella mediante otros canales: sonidos (zumbido de la danza, entre 200-300 Hz), vibraciones, tacto (mediante contacto de antenas; *cf.* Gil & De Marco, 2010) o sensibilidad a las corrientes de aire creadas al danzar (Michelsen, 1999), además de la alta temperatura corporal de la danzarina (Tautz & Bujok, 2006, p. 712). A esos canales se ha unido otro, el químico u olfativo: Thom *et al.* (2007) descubrieron que el abdomen de la danzarina produce dos alcanos (hidrocarburos saturados) y dos alquenos (hidrocarburos no saturados) cuyo aroma aumenta el número de obreras reclutadas por la danza. Sin embargo, el modo en que cada canal ayuda a transmitir la información “no se ha resuelto todavía” (Gil & De Marco, 2010, p. 894), porque cada uno “no parece ser ni necesario ni suficiente” (Thom *et al.*, 2007, p. 1862).

En realidad, aludir a ‘la danza’ sin más es inadecuado, porque hay varias según la distancia de la fuente con el nido³: si la fuente es cercana al nido, a no más de unos 50 m., se ejecuta la danza circular, que no indica ubicación alguna: el gran olfato de las abejas les permite alcanzar la fuente concreta. La danza traza círculos de 360° que varían el sentido: de derecha a izquierda, de izquierda a derecha, etc. Se ejecuta en un lugar concurrido del nido y es repetida en otros lugares. La intensidad de la danza indica la calidad y abundancia del alimento: una danza muy agitada implica una fuente muy rica y abundante, y viceversa.

Pero la danza más interesante es la de abdomen, porque indica la localización espacial de la fuente (von Frisch 1967; 1969, cap. 11) mediante la expresión de dos coordenadas, distancia

³ Las conductas de danza sobrepasan el ámbito de la indicación de fuentes: hay una danza de invitación al aseo (Land & Seeley, 2004) o una danza de temblequeo (Seeley, 1992; Kirchner & Lindauer, 1994; Thom, 2003) que forma parte del sistema de reclutamiento, al regular el flujo de obreras a las fuentes. Al tiempo, las señales de las abejas sobrepasan las danzas (*cf.* el resumen de Seeley, 1998, p. 69): algunas de esas señales son discutidas por Hasenjäger *et al.* (2022).

y dirección⁴. Si para distancias cortas el olfato de las abejas es suficiente, para distancias más largas hace falta ofrecer localización, ya que las abejas pueden explotar fuentes situadas a 10 kms. (Tautz & Bujok, 2006, p. 710) o incluso a 13 kms. del nido (Pahl *et al.*, 2011). La danza de abdomen, que también expresa cantidad y calidad de la fuente, consta de dos semicírculos unidos por un eje central: semicírculo a la derecha, eje central, semicírculo a la izquierda, eje central, etc. Al trazar el eje, la danzarina hace vibrar su abdomen a ambos lados unas 15 veces por segundo (Tautz & Bujok, 2006, p. 710).

Las abejas expresan distancia y dirección a la fuente como dos dimensiones independientes, integradas por la danza. Sobre la distancia, von Frisch descubrió una relación inversamente proporcional entre el número de vueltas trazadas en un tiempo dado (usó intervalos de 15 seg.) y la distancia a la fuente: cuantas menos vueltas, más lejos está la fuente, y viceversa. Sin embargo, la expresión de distancia no reside, de acuerdo con el etólogo austríaco, en el número de vueltas, sino en el de ejes trazados en ese intervalo: según von Frisch (1969, p. 157; 1973, p. 79), para una distancia de 100 m. se trazan 9-10 ejes cada 15 seg.; para 500 m., 6 ejes; para 1 km., 4-5 ejes; para 5 kms., 2 ejes y para 10 kms., 1 eje. Esto sugiere que las abejas deben tener un sentido muy preciso del tiempo (von Frisch, 1969, p. 158), por diferente que sea con respecto al humano. Pero von Frisch sostuvo que la distancia no se estimaba mediante la propia distancia, sino estimando la energía o esfuerzo al volar (von Frisch, 1969, p. 160): para la misma distancia, si el viento sopla de frente, la abeja indica más distancia que en ausencia de viento, y si este sopla de espaldas, la abeja indica menos distancia de la real.

En realidad, von Frisch no acertó en esa cuestión, aunque habría que esperar varios decenios para descubrirlo: para estimar la distancia, las abejas “usan el flujo de imagen en la retina del movimiento del suelo” (Esch & Burns, 1996, p. 160). Esto es, su odómetro se basa en el flujo óptico, o percepción del movimiento del terreno en la retina del observador que se desplaza, tal como relevan algunos experimentos ingeniosos. Por ejemplo, Esch & Burns (1995; 1996) muestran que abejas entrenadas para volar una distancia de 228 m. desde un nido colocado en lo alto de un edificio a una fuente sobre otro edificio indican distancias más cortas que las abejas que vuelan esa misma distancia, pero a ras de suelo: 125 vs. 200 m. Esta diferencia se explica porque al volar a ras de suelo el terreno se sucede más rápido, pero a mayor altitud el flujo óptico transcurre más lento, al ser menor la tasa de movimiento de la imagen en la retina. Otro experimento de Esch & Burns (1995; 1996) colocó fuentes en un globo de helio, que al principio estaba a ras de suelo y a 70 m. del nido; durante dos horas, el globo fue subiendo hasta 90 m. de altura. Las danzas indicaban una distancia de 70 m. cuando el globo estaba en el suelo, de 55 m. con el globo a 30 m. de altura, de 45 m. con el globo a 60 m. de altura y de 25 m. cuando el globo estaba a 90 m. de altura, aunque, según el globo ascendía,

⁴ Entrás ambas danzas hay una forma de transición, danza de la hoz (Johnson *et al.*, 2002) que carece del eje central trazado por la danza de abdomen. Sin embargo, Kirchner *et al.* (1988) o Gardner *et al.* (2008) arrojan dudas sobre la distinción entre la danza circular y de abdomen, al hallar algunos indicios de que la primera también indica ubicación, por lo que más bien existiría un único *continuum* de danza.

el esfuerzo requerido para alcanzar la fuente era mayor y aumentaba la distancia desde el nido: con el globo a 90 m. de altura, la distancia real entre nido y fuente era de 114 m. Por tanto, “la hipótesis de la energía no puede ser correcta” (Esch & Burns, 1996, p. 155).

Por otro lado, Srinivasan *et al.* (1996, 1997, 1999, 2000) y Si *et al.* (2003) muestran que abejas entrenadas para volar dentro de túneles largos y estrechos (6 m. de largo y 11 cms. de ancho) con una fuente situada al final indican en las danzas una distancia de 200 m.: la estrechez del túnel amplifica mucho la magnitud del flujo óptico. Y manipular el flujo de aire en el túnel para que las abejas vuelen contra el viento no afecta a la distancia indicada. Por tanto, “el ‘odómetro’ de la abeja de miel es guiado por una señal visual en lugar de por una basada en la energía” (Srinivasan & Zhang, 2004, p. 689).

Si la expresión de distancia es compleja, la de dirección a la fuente lo es todavía más. Con respecto a la dirección, hay que diferenciar dos subtipos de danza de abdomen, horizontal y vertical. En algunos días calurosos de verano que recalientan el nido, la danza se puede realizar horizontalmente fuera del nido, sobre la tablilla de entrada. En este caso, el eje que traza la danzarina señala “de manera directa la orientación para encontrar el botín” (von Frisch, 1969, p. 161) (*cf.* también Gould, 1975). Esto es, el eje reproduce la dirección de la fuente con respecto al sol: si la fuente se halla en la dirección exacta del sol, el eje apunta hacia él, y si se sitúa a 40° a la izquierda del sol, el eje se orienta 40° a la izquierda del sol. Pero la danza horizontal es excepcional; normalmente, la danza se ejecuta dentro del nido, en sus paredes verticales. Dada la orientación vertical, el eje de la danza no puede apuntar directamente a la fuente; por ello, se sustituye el ángulo con respecto al sol por el ángulo con respecto a la vertical, determinado por la dirección de la fuerza de gravedad: si el eje se traza verticalmente de abajo hacia arriba, la fuente estará en la dirección exacta que ocupa el sol en ese momento y si se traza de arriba hacia abajo, estará en la dirección opuesta del sol; si el eje forma un ángulo de 23° a la izquierda de la vertical y se traza de abajo hacia arriba, la fuente estará a 23° a la izquierda del sol.

Tomar el sol como referencia de la danza tiene grandes ventajas (Dyer, 2002, p. 923; Gallistel, 1998, p. 28): es muy fiable y, al estar tan lejos, no varía al moverse el observador. Pero también plantea problemas: a veces está oculto y, sobre todo, su posición cambia según transcurre el día (y según la estación). El primer problema no es tal, porque las abejas no precisan ver el sol: basta con que vean algún trozo de cielo azul (Slater, 1999, p. 188), al basarse en patrones de luz polarizada (la luz solar dispersa en la atmósfera), determinando a partir de ellos dónde está el sol. Con respecto al segundo problema, el sol solo sirve de referencia si la información sobre su posición puede actualizarse. Así sucede: algunos experimentos impidieron que las abejas reclutadas por la danza salieran del nido hasta horas después; al salir, se dirigieron a la fuente y no a la posición indicada horas antes por la danza (Gallistel, 2009, p. 65). Eso es posible porque las abejas tienen una brújula solar (Dyer, 2002) que permite compensar el movimiento del sol durante el día. La brújula dispone de dos elementos clave, un reloj interno y el conocimiento de la efémeris solar (Gallistel, 1998, p. 28). Ese reloj interno implica un reloj circadiano que completa un ciclo cada 24 horas al emparejarse con el ciclo de

rotación de la tierra y que se sincroniza cada amanecer gracias a receptores sensibles al aumento de luz. Por otro lado, conocer la posición del sol según la hora del día (y estación) es viable gracias a la adquisición, en los vuelos iniciales de las abejas, de la efémeris solar, o registro de la dirección solar según avanza el día. Esta función se graba sobre el azimut solar, proyección del sol en el horizonte con respecto al terreno según la hora (Gallistel, 1998): por ejemplo, que el sol se sitúa sobre una colina a las 11:00 horas. En consecuencia, la brújula solar graba en la memoria de la abeja la posición solar según la hora indicada por el reloj interno.

Los referidos son, muy resumidos, los principales aspectos de la arquitectura de la danza. Esa arquitectura recibió una interpretación simbólica por parte de von Frisch que ha tenido amplia aceptación, pero dista mucho de ser unánime. De hecho, bastantes autores niegan su carácter simbólico, arbitrario, sosteniendo un formato icónico, como muestra el siguiente apartado.

3. La supuesta iconicidad de la danza

Como ya anticipé, numerosos autores atribuyen una naturaleza icónica (no simbólica o arbitraria) a la danza. Este apartado expondrá las tesis de diferentes autores de ayer y de hoy, y que pertenecen tanto al ámbito lingüístico como al etológico, así como las razones que aducen para justificar la iconicidad que preconizan.

Un autor que destaca por su reiterado rechazo de la arbitrariedad de la danza es Charles Hockett. Hockett (1958, p. 577) escribe que “la danza de las abejas es casi completamente icónica”, justificando así su afirmación:

Existe un *continuum* de posibles direcciones hacia una fuente de néctar, y otro *continuum* de posibles distancias. En la elección de un aspecto de la danza para representar lo primero, y otro para representar lo segundo, encontramos arbitrariedad, pero desde este punto el sistema es icónico (Hockett, 1958, p. 577).

En posteriores trabajos, Hockett radicaliza su posición, negando cualquier vestigio de arbitrariedad en la danza; según Hockett (1959, p. 34), frente al lenguaje, “la danza de las abejas es icónica” porque

El ritmo de la danza es inversamente proporcional a la distancia desde el nido a la fuente de néctar, y el ángulo entre el eje de la danza y la vertical es directamente proporcional al ángulo entre la línea de visión del sol y la línea de visión a la fuente de néctar (Hockett, 1959, pp. 34-35).

Por su parte, Hockett (1960), en línea con su (1959), caracteriza con un “no” la arbitrariedad de la danza. Otra lingüista, Frishberg (1975, p. 718), atribuye también a la danza un formato predominantemente icónico. Y Anderson (2004, p. 82) niega también la arbitrariedad de la danza, porque

Todos los aspectos de la danza que pueden expresar significado lo hacen icónicamente, ya que existe una correspondencia estrecha entre la estructura de la señal y lo que indica. El nivel de agitación de la danza expresa el nivel de entusiasmo de la forrajeadora hacia la fuente de alimento; la orientación de la danzarina con respecto a un eje fijo (definido por la gravedad, por el sol o, en caso de necesidad, por el campo magnético de la tierra) expresa la orientación del vuelo; y la duración del eje expresa la duración del vuelo requerido.

Frente a estos autores, que rechazan globalmente el carácter arbitrario de la danza, otros lo hacen de manera selectiva, basándose en la indicación de distancia o en la de dirección. Por ejemplo, aunque Dobrovolsky (1997, p. 599) indica que las danzas “son simbólicas”, a su juicio “es posible sostener que la distancia relativa se representa icónicamente, en tanto que una mayor distancia cubierta por la abeja en cada ciclo de la danza corresponde a una mayor distancia de la fuente de néctar desde el nido” (Dobrovolsky, 1997, p. 599)⁵.

Por su parte, Wheeler & Fisher (2012, p. 196) defienden que la danza “carece de arbitrariedad, otro rasgo clave de la comunicación simbólica humana”, algo también justificado en cómo se representa la distancia:

En vez de carecer de cualquier asociación directa entre la señal y su significado, el número de vueltas trazadas en la danza de la abeja de miel se incrementa con la distancia al alimento, mientras que la orientación vertical de la abeja danzarina indica la dirección desde el nido con respecto a la posición actual del sol (Wheeler & Fisher, 2012, p. 196)⁶.

Del mismo modo, De Boer & Verhoef (2018) señalan que la distancia se expresa icónicamente, porque una mayor distancia a la fuente se indica con una mayor duración del eje. Y Lucast (2010, p. 34) afirma que “es debatible si la danza de las abejas es icónica o arbitraria”, si bien opta claramente por la primera alternativa basándose en cómo se expresa la distancia:

La duración, o número de ejes, de la danza, que codifica la distancia a la fuente de alimento, parece constituir su único elemento simbólico abstracto, y aun así podría considerarse icónica en tanto que la duración de la danza y la duración del viaje a la localización sobre la cual se danza están relacionadas (Lucast, 2010, p. 37).

⁵ Pero, frente a los autores previos, afirma que la dirección se indica simbólicamente, pues las abejas “transfieren la trayectoria horizontal de vuelo a una representación vertical sobre la pared del nido” (Dobrovolsky, 1997, p. 599).

⁶ Es de destacar que ambos etólogos muestran un grave error en su tratamiento del signo según Saussure: “Según Saussure, un signo consiste en un significante y un significado; por ejemplo, la relación entre la palabra hablada ‘perro’ y el animal real” (Wheeler & Fisher, 2012, p. 196). Esto es falso: para Saussure, el objeto en sí, aquello a lo que remite, no forma parte del signo, pues este “une no una cosa y un nombre, sino un concepto y una imagen acústica” (Saussure, 1916, p. 102).

Otros autores sostienen la iconicidad de la danza basándose en cómo se expresa la dirección. Así lo hace Mann (2018, p. 168), para quien las abejas “indican la dirección icónicamente”, o Scott-Phillips *et al.* (2009, p. 227, n. 1), que afirman que “como ejemplo de un sistema icónico, innato, sugerimos el aspecto de la danza de las abejas que alude a la dirección del néctar”.

Beecher (2021, p. 3) sigue otra estrategia para negar la simbolicidad de la danza: centrarse en la danza ejecutada horizontalmente fuera del nido. Y además niega que la dirección se exprese arbitrariamente:

Incluso en el ejemplo por excelencia de la comunicación de información sobre el mundo externo – el lenguaje de la danza de la abeja de miel –, las señales no son tan arbitrarias como se asume generalmente. Por ejemplo, si la danza se efectúa fuera del nido, donde el sol es visible, la abeja danza con respecto a la posición real del sol, en vez de con respecto a la vertical (Gould, 1975). Esto es, fuera del nido, la simbología no es realmente arbitraria. Además, la distancia a la fuente es representada mediante la duración del eje – cuanto mayor sea la distancia, más largo será el eje –, por lo que esto es también, al menos, parcialmente no arbitrario.

El rechazo de la arbitrariedad de la danza también se aprecia en autores hispánicos. Por ejemplo, según Casado Fresnillo & Escandell Vidal (2011, p. 13), “los signos son básicamente icónicos”, algo reiterado en Escandell Vidal (2014, p. 17)⁷. Hualde *et al.* (2010, p. 14) aseveran que la danza de abdomen “constituye una señal icónica, no arbitraria” en cuanto a la expresión de la dirección, porque “el ángulo que reproduce la abeja es una representación directa del ángulo que forman el panal, el sol y la fuente de comida”. Como último ejemplo, Benítez Burraco & Barceló-Coblijn (2015, p. 31) sostienen que

la danza no es un sistema arbitrario, sino icónico (así, la complejidad de la señal, medida en términos del número de movimientos, es proporcional a la distancia que es preciso recorrer, mientras que la posición de la abeja simula la posición del sol en relación con la colmena).

En resumen, numerosos autores rechazan la naturaleza simbólica de la danza de las abejas, sosteniendo que su formato, lejos de ser arbitrario, es icónico. En todo caso, es interesante notar que las posiciones de los autores tratados en este apartado no solo no coinciden entre sí, sino que son incluso contradictorias en ocasiones, porque algunos autores creen que toda la danza es icónica, mientras que otros sostienen o bien que la expresión de distancia es icónica

⁷ Ambos trabajos afirman erróneamente que el canal usado por las abejas “es fundamentalmente visual y olfativo” (Casado Fresnillo & Escandell Vidal, 2011, p. 13; Escandell Vidal, 2014, p. 17). Sin embargo, la gran mayoría de danzas se efectúan en el interior oscuro del nido. Este error no es reciente, apreciándose ya en Benveniste (1966, p. 60), según quien la danza se ejecuta “a la luz del día; no es posible en la oscuridad”. Lo cierto es que las danzas “tienen lugar en una completa oscuridad” (Dyer, 2002, p. 927), algo que ya señaló von Frisch y en lo que coinciden los entomólogos: las abejas “usualmente danzan en nidos oscuros” (Kirchner & Towne, 1994, p. 80); la danza “se efectúa en la oscuridad del nido” (Tautz & Bujok, 2006, p. 712).

o bien que lo es la de dirección. El siguiente apartado rebatirá esas opiniones, sosteniendo que están erradas: la relación principal en la danza es la arbitrariedad o simbolicidad. Sin duda, la danza es un sistema muy complejo, que manifiesta los tres tipos de relación entre representamen y objeto propuestos por Peirce: iconicidad, indexicalidad y simbolicidad. Pero es este último tipo el predominante, no el primero.

4. La naturaleza arbitraria de la danza

Este apartado mostrará que la arbitrariedad o simbolicidad es la relación principal en la danza de las abejas. Para efectuar una discusión completa, y aunque los autores citados en el apartado previo solo aluden a la danza de abdomen, se abordará también la danza circular, que presenta en igual medida un formato arbitrario.

Como ya se indicó, la danza circular se utiliza para informar de fuentes cercanas al nido, a no más de 50 m., por lo que omite información posicional: dada la cercanía de la fuente, el olfato es suficiente para que las abejas alcancen la fuente. La danza consiste en una figura circular trazada a la derecha, izquierda, etc. Pero no suele ser perceptible visualmente, al hacerse dentro del nido.

Como sucede con la gran mayoría de signos, en este, la danza circular, no se manifiesta solo una de las tres relaciones entre representamen y objeto, sino que aparecen las tres. Existe indicialidad, al indicar una fuente (aunque no ofrezca ubicación), y también expresa iconicidad, en dos sentidos: la muestra de néctar llevada al nido es un icono olfativo, y además la mayor o menor excitación de la danza alude a una mayor o menor calidad y cantidad del alimento. Sin embargo, ambos aspectos icónicos se insertan en una estructura arbitraria⁸.

Si consideramos el formato de la danza circular, su trazado en círculos de 360° a la derecha, izquierda, derecha, etc., es obvio que no existe ninguna relación de parecido o semejanza formal entre la forma del significante (los círculos trazados) y la naturaleza del significado (presencia de una fuente), de modo que esa relación es completamente arbitraria o simbólica, basada en una ley o convención. La indicación de la danza podría haberse establecido (desde la óptica evolutiva) de otras maneras muy diferentes (con danzas de distintos trazados, o incluso con medios que no implicaran ninguna danza), pero es la que es, y esa forma del significante carece de cualquier relación de similitud con lo que designa. Por ello, la arquitectura de la danza circular es arbitraria, insertándose en ella de manera secundaria las dos indicaciones icónicas referidas.

Por su parte, la danza de abdomen es mucho más compleja, al incorporar información precisa sobre la ubicación de la fuente (distancia y dirección). Dada esta complejidad, y también que algunos autores tratados en el apartado 3 aprecian iconicidad en aspectos selectivos de la

⁸ Sucede algo semejante con el tono de voz: un estado alterado de la persona que habla produce un tono más alto y viceversa, pero esto se inserta en una estructura, la de los sonidos, que es arbitraria.

danza (distancia o dirección), discutiré separadamente cada uno de los aspectos involucrados en ella, además de diferenciar entre danza vertical y horizontal, comenzando el análisis por esta última. Recordemos que Beecher (2021) usa esta danza horizontal para negar la simbolicidad de la danza de las abejas. Pero esto es tergiversador, porque la danza horizontal no es demasiado representativa de la danza de abdomen, al ser mucho menos frecuente que la vertical.

La danza horizontal expresa la distancia del mismo modo que la vertical (por ello, la distancia se tratará al analizar la danza vertical), difiriendo en la expresión de la dirección (*cf.* apartado 2). Con respecto a esta, dado que la danza horizontal se ejecuta sobre la tablilla de entrada al nido, esto permite que el eje trazado por la danzarina pueda apuntar directamente a la ubicación de la fuente, de modo que el eje reproduce la dirección de la fuente con respecto al sol. Que el eje apunte a la fuente es, sin duda, una indicación icónica, asimilable por ejemplo al gesto de señalar con un dedo a un punto dado (sin embargo, como veremos, la indicación de distancia, compartida con la danza vertical, es arbitraria). Sin embargo, es más que cuestionable pretender extender el análisis de un caso muy específico de danza a toda la danza de abdomen: la ejecución horizontal de la danza es la excepción, no la regla.

Pasando a la danza vertical, que los autores tratados en el apartado 2 consideran también icónica (de hecho, todos menos Beecher, 2021 aluden a ella), comenzamos analizando la expresión de la dirección, que difiere con respecto a la danza horizontal. Dada la ejecución vertical de la danza, realizada en las paredes interiores del nido, el eje vertical no puede apuntar directamente a la ubicación ocupada por la fuente. Por ello, la danzarina sustituye el apuntar a la fuente por reflejar el ángulo con respecto a la vertical, determinado por la dirección de la fuerza de la gravedad. Si la danza traza un eje que forma un ángulo de 17° a la izquierda de la vertical y el eje se traza de abajo hacia arriba, eso significa que la fuente está situada a 17° a la izquierda de la posición que ocupa el sol en ese momento, y así sucesivamente. Autores como Mann (2018), Scott-Phillips *et al.* (2009) o Hualde *et al.* (2010) defienden que la dirección es expresada icónicamente, pero esta afirmación es errada. Veamos por qué.

Recordemos que, ante la imposibilidad de que el eje de la danza apunte directamente a la fuente, la danza vertical representa la fuente mediante el ángulo del eje con respecto a la vertical. Este ángulo iguala el ángulo formado por el nido, el azimut solar y la fuente (Gallistel, 1998, p. 19). Pero no hay ninguna relación de parecido o semejanza formal entre la indicación vertical de dirección y la ubicación de la fuente, frente a la que sí existe en la danza horizontal, donde el eje apunta de manera directa a la propia fuente. Afirma Haiman (2006, p. 457) que la iconicidad “es la idea de que una propiedad formal de un signo se corresponde, mediante similitud, a una propiedad de su referente”. Claramente, no sucede así en el caso discutido: el eje vertical no puede representar la dirección de la fuente mediante similitud, siendo así necesario efectuar un trasvase a otro parámetro, como es la desviación con respecto a la vertical. Y esta representación ya no es icónica, sino arbitraria. Sostenía Hockett (1959, p. 35) que “el ángulo entre el eje de la danza y la vertical es directamente proporcional al ángulo entre la línea de visión del sol y la línea de visión a la fuente de néctar”. Ciertamente, el ángulo coincide (tiene que coincidir, porque en caso contrario no se podría marcar la misma ubicación), pero

la clave estriba en que su expresión es completamente diferente, y no puede anticiparse si ignoramos la transposición con respecto a la vertical. En resumen, señala Greenberg (2023, p. 579) que “existe algo arbitrario y estipulativo en las representaciones simbólicas, y algo natural y mimético en la representación icónica”. Esto se cumple nítidamente en el caso discutido: la indicación horizontal de dirección es mimética, pero la vertical no lo es, sino que es una representación arbitraria, pudiendo haberse expresado (evolutivamente) de manera muy diferente a como lo hace. Cambiar el eje horizontal por uno vertical, dictaminado por la dirección de la fuerza de la gravedad, es una transposición arbitraria, al no existir ningún tipo de parecido formal entre la representación y lo representado⁹. No hay por ello iconicidad: el ángulo del eje de la danza con respecto a la vertical expresa de manera arbitraria el ángulo nido-azimut-fuente, y este no es una representación directa de aquel, frente a lo que sostienen Hualde *et al.* (2010)¹⁰. Por ello, la expresión de dirección responde a una ley o convención, que es la esencia de la arbitrariedad o simbolicidad.

Tampoco la expresión de distancia es icónica, frente a lo que expresan Dobrovolsky (1997), Hockett (1959), Wheeler & Fisher (2012), De Boer & Verhoef (2018), Beecher (2021) o Benítez Burraco & Barceló-Coblijn (2015). Por ejemplo, según Wheeler & Fisher (2012, p. 196), “el número de vueltas trazadas en la danza de la abeja de miel se incrementa con la distancia al alimento”. Sin embargo, sucede más bien al revés (*cf.* apartado 2): a mayor distancia, menos ejes (y consiguientes vueltas) trazados. Curiosamente, otros autores, como Hockett (1959, p. 34) adoptan el razonamiento contrario para justificar la expresión icónica de la distancia: “el ritmo de la danza es inversamente proporcional a la distancia desde el nido a la fuente de néctar”. No obstante, Hockett no justifica por qué hay iconicidad en ese caso y no al revés. Se podría conceder al menos cierta iconicidad (aunque no muy acusada) si un mayor número de ejes representara una mayor distancia, pero sucede al revés: una mayor distancia implica reducir el número de ejes.

Existe además otra razón, si cabe más poderosa, para cuestionar que la distancia se exprese icónicamente, y que los autores parecen desconocer u olvidar. Como ya se señaló, las abejas no perciben la distancia a la fuente en términos de distancia, sino según el flujo óptico, el movimiento del terreno percibido por la retina. Teniendo en cuenta este mecanismo, el trasvase efectuado desde la percepción de la distancia mediante el flujo óptico hasta su expresión trazando un determinado número de ejes en un tiempo dado tiene una naturaleza claramente arbitraria, donde no hay ningún tipo de semejanza formal entre la representación y lo representado por ella.

⁹ Precisamente, como sugiere Gadagkar (1996, p. 66), la arbitrariedad en la expresión de la dirección estriba en que las abejas usan la gravedad como referencia en vez del sol.

¹⁰ En este sentido, no se comprende qué quieren decir Benítez Burraco & Barceló-Coblijn (2015, p. 31) al afirmar que “la posición de la abeja simula la posición del sol en relación con la colmena”. Ni en la danza horizontal ni en la vertical la posición de la abeja, plasmada en el eje trazado, simula la del sol, sino que marca la desviación con respecto al sol.

Por otro lado, como ya se expuso, en el trazado del eje, la danzarina hace vibrar su abdomen a ambos lados. Esta vibración y el movimiento son igualmente arbitrarios. El único vestigio rastreable de iconicidad en la danza de abdomen es la vinculación entre una mayor o menor agitación de la danza y una fuente con más o menos cantidad y calidad de alimento, como sucede también en la danza circular.

Finalmente, a los aspectos discutidos, que cuestionan la iconicidad de la danza, hay que añadir otros dos ya referidos en su día por Mounin (1970, p. 56). En primer lugar, las abejas usan dos danzas distintas, circular y de abdomen (Mounin llamaba ‘animada’ a la segunda) para expresar un mismo contenido, como es advertir sobre fuentes; por tanto, hay una división o segmentación arbitraria entre las fuentes situadas a menos o más de 50 m.: para estas, pero no para aquellas, se indica su ubicación exacta. En segundo lugar, la danza de abdomen utiliza la dimensión vertical para expresar nociones que solo cobran sentido en la dimensión horizontal.

Para resumir, este apartado ha mostrado que la relación básica que caracteriza la arquitectura de la danza (o danzas) de las abejas es la simbolicidad o arbitrariedad, y no la iconicidad. El siguiente apartado ofrece una posible explicación sobre el rechazo de la tesis simbólica de la danza formulada por von Frisch.

5. Una posible causa para negar la arbitrariedad de la danza

El apartado previo ha mostrado que la comunicación de las abejas contiene mucha más arbitrariedad de la que numerosos autores reconocen, empeñados en sostener que la danza de esos animales es, total o predominantemente, icónica. Este hecho sorprendente puede deberse en algún caso a cierto desconocimiento de la arquitectura de la danza, como he discutido con respecto a algún autor concreto (*cf.* nota 7). Sin embargo, este apartado pretende ofrecer una posible causa (velada, esto es, no explícitamente afirmada) para sostener la iconicidad de la danza, como es intentar rebajar la complejidad de una conducta efectuada por unos insectos como son las abejas mediante la estrategia de rebajar la complejidad de la referencia establecida por la danza. Ciertamente, no hay afirmación explícita al respecto por parte de los autores tratados, pero es difícil imaginar otra razón general que pueda subyacer a todos ellos mediante su defensa de la iconicidad.

El contexto general para situar la discusión remite al pensamiento bien conocido de Descartes sobre la naturaleza animal (*cf.* García Rodríguez, 2020). Mediante la diferencia entre *res cogitans* y *res extensa*, el filósofo francés plantea una diferencia radical entre seres humanos y animales: mientras aquellos poseen mente y cuerpo, estos solo tienen cuerpo, careciendo de todo atisbo de pensamiento, esto es, careciendo de mente. La visión cartesiana ha sido enormemente influyente, de modo que, según Massey & Boyle (1999, p. 89), “no es ninguna exageración decir que Descartes preparó el camino para todo el trabajo moderno y contemporáneo, tanto científico como filosófico, sobre las mentes animales”. Aunque la etología ha

mostrado de manera robusta desde hace décadas la existencia de procesos mentales sofisticados en animales (*cf.* Bermúdez, 2003; Carruthers, 2006, cap. 2; Hauser, 2000; Menzel & Fisher, eds., 2011; Pepperberg 1999; Spelke 2003; para una panorámica, *cf.* Longa, 2013), la visión cartesiana sigue en cierta medida viva en bastantes autores que, como ilustra Adrian Wenner paradigmáticamente con respecto a las abejas, se resisten a aceptar la presencia de procesos mentales en animales.

Señala Gallistel (2009, p. 59) que las reticencias a reconocer vida mental en animales no humanos se plasman en dos diferentes tesis, débil y fuerte, que proyectan de modo diferente el pensamiento cartesiano: “En su forma más fuerte, la idea es que solo los humanos tienen mente. En su forma más débil, consiste en que los humanos tienen mucha más mente que otros animales no humanos”. Es obvio que mientras la tesis fuerte implica básicamente la postura de Descartes, la tesis débil relativiza la fuerte, al conceder la existencia de una mente incipiente en algunos seres (contra esta visión *cf.* Carruthers, 2013), aquellos más próximos filogenéticamente a los humanos: básicamente, los primates. Por tanto, la tesis débil sostiene que “cuanto más alejado evolutivamente de los humanos esté un animal, menos mente tendrá” (Gallistel, 2009, p. 59). Esa tesis se traduce en la praxis en negar cualquier tipo de procesos mentales en seres como anfibios, reptiles, o especialmente insectos (como abejas u hormigas), considerados como seres puramente mecánicos. Y también se aplica a la comunicación de estos seres, concebida como más simple que la de otros animales más cercanos a nosotros; de ahí precisamente se desprenden las reticencias a aceptar una comunicación sofisticada en seres tan ‘simples’ como los insectos.

¿En qué sentido se vincula lo señalado con la negación por parte de muchos autores de una arquitectura simbólica o arbitraria en la danza de las abejas? En uno muy concreto, relacionado con rebajar la complejidad comunicativa de los insectos, en este caso, las abejas. Para entender esto, hay que considerar la distinción, formulada por Peirce (entre otros), entre las distintas formas de representar la relación entre representamen y objeto, o expresado de otra manera, de entablar la referencia: mientras los iconos se basan en una relación de parecido formal con el objeto, en los índices la referencia se establece mediante alguna conexión con el objeto, y los símbolos muestran un vínculo convencional, arbitrario, con su objeto, entablado mediante una ley. Como anticipó Peirce, y como ha estudiado Deacon (1997) en detalle, la referencia tiene una naturaleza jerárquica, basada en una progresión que presupone relaciones cada vez más complejas, donde las formas de referencia más altas se construyen a partir de las más bajas. Esa progresión, que produce diferentes niveles de interpretación (Deacon, 1997, p. 73), parte del icono, el grado más bajo o menos abstracto en la complejidad de la referencia, al basarse en una mera semejanza física, pasando al índice, que implica una relación de contigüidad, y llegando finalmente al símbolo, que deriva de una convención y se basa ya en relaciones abstractas. Frente a las dos relaciones previas, en la simbolicidad el vínculo con el objeto no es directo, sino indirecto, en tanto que es tamizado por otros signos. Que la iconicidad sea la forma más simple significa que es el “valor por defecto” de la referencia según

Deacon (1997, p. 76). Por ello, “las relaciones icónicas son los medios más básicos con los que las cosas pueden ser re-presentadas. Es la base sobre la cual se construyen las restantes formas de representación. Es la parte más baja de la jerarquía interpretativa” (Deacon, 1997, p. 77).

Esa jerarquía de los tipos de referencia no solo rige desde la óptica representacional, sino que es también proyectada implícitamente por bastantes autores al ámbito comunicativo, identificando así la iconicidad con una forma ‘inferior’ o más básica de comunicación, representada por la comunicación animal (*cf.* nota 2) y en especial por los animales más alejados evolutivamente de los humanos (según la antes referida tesis débil), mientras que la simbolicidad, que presupone arbitrariedad, ocuparía el extremo opuesto, la forma comunicativa más compleja y por ello considerada (implícita o explícitamente) como inherentemente humana. Como indica Dobrovolsky (1997, p. 596), “la mayoría de la comunicación animal, se afirma, muestra poca arbitrariedad. Se dice que es en gran medida icónica y sintomática”. Y en mayor medida todavía se atribuye a unos insectos como las abejas una comunicación icónica, frente a otros seres: “mediante tal juicio, la danza más icónica de la abeja de miel se consideraría más baja que el ladrido de un perro” (Frishberg, 1975, p. 718). Y esto incluso aunque los ladridos carecen en cualquier sentido relevante de la complejidad de la danza.

En suma, la negación de las bases simbólicas o arbitrarias de la comunicación de las abejas y la consiguiente atribución de una estructura icónica por parte de muchos autores podría vincularse con la posible presencia de prejuicios derivados de negar una comunicación compleja, basada en la simbolicidad, en los animales en general y en los insectos en particular. Según esa visión, el modo simbólico de referencia sería específicamente humano, por lo que es posible que los autores discutidos en este trabajo rechacen la presencia de simbolicidad en la danza debido a la incredulidad de que un tipo de referencia tan complejo como el simbólico pueda existir en unos animales supuestamente tan ‘inferiores’ como las abejas¹¹, asumiendo quizás el progresivismo evolutivo (absolutamente infundado), que considera que “la perfección de la mente y el cerebro humanos es la culminación de la evolución” (Downes, 2003, p. 37). Desde esta perspectiva, la comunicación compleja (simbólica) solo puede darse en los seres más cercanos filogenéticamente al ser humano (tesis débil). No es este el caso de las abejas, cuyo antepasado común con nosotros se remonta a cientos de millones de años atrás. Como escribía Gould (1975, p. 692),

Parte de la resistencia a la idea de que las abejas de miel tienen un lenguaje simbólico parece haber surgido del convencimiento de que los animales ‘inferiores’, y en particular los insectos, son demasiado minúsculos y remotos filogenéticamente como para poder tener conducta ‘compleja’ [...]. Sin embargo, a pesar de las expectativas, los animales siguen siendo más complejos de lo que se había pensado, o de lo que los experimentadores pueden estar preparados para descubrir.

¹¹ *Cf.* Longa (2012, cap. 2) sobre la inviabilidad biológica de las nociones de superioridad e inferioridad evolutiva.

Para concluir, la avanzada en este apartado podría ser la razón (o una posible razón), quizás implícita o inadvertida en quienes la sostienen, por la que bastantes autores atribuyen erradamente una naturaleza icónica a la comunicación de las abejas.

6. Conclusiones

Es una obviedad que animales humanos y no humanos pueden comunicar con sus congéneres, aunque adopten medios completamente diferentes. Otra cuestión es reconocer que la comunicación animal puede ser realmente sofisticada: aquí, el consenso anterior se pierde. Un ejemplo al respecto lo ofrece la comunicación de las abejas: von Frisch mostró, hace mucho tiempo, que la danza era una conducta plenamente simbólica, lo que presupone una arquitectura arbitraria, hasta el punto de que es quizás esta danza el ejemplo más diáfano de complejidad comunicativa animal.

Sin embargo, la conclusión alcanzada por von Frisch dista mucho de ser aceptada unánimemente. Este artículo ha mostrado un claro ejemplo, consistente en que numerosos autores, de los cuales he ofrecido una selección, rechazan atribuir bases arbitrarias a ese sistema comunicativo, basándose quizás en que la simbolicidad es demasiado compleja como para aparecer no solo en los animales, sino más específicamente en animales supuestamente tan ‘inferiores’ (esto es, tan alejados de los humanos) como los insectos. Este es un ejemplo de minusvaloración de la comunicación animal, que opera rebajando la arbitrariedad indudable de la danza a una mera iconicidad.

El artículo ha mostrado que esa concepción es falsa, y que animales como los insectos sí pueden tener una conducta comunicativa muy compleja, basada en una arquitectura arbitraria o simbólica. No reconocer esto es seguir aceptando en alguna medida las tesis cartesianas, y seguir aceptando igualmente la idea de que la comunicación animal es ‘inferior’ a la comunicación humana.

Referencias

- Anderson, Stephen R. (2004). *Doctor Dolittle's Delusion. Animals and the Uniqueness of Human Language*. Yale University Press.
- Beecher, Michael D. (2021). Why are no animal communication systems simple languages? *Frontiers in Psychology*, 12, 602635, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.602635>
- Benítez Burraco, Antonio, & Barceló-Coblijn, Lluís (2015). *El origen del lenguaje*. Síntesis.
- Benveniste, Émile (1966). Communication animale et langage humain. En É. Benveniste, *Problèmes de linguistique générale* (pp. 56-62). Gallimard. Cito por *Problemas de lingüística general* (pp. 56-62). Siglo XXI.
- Bermúdez, José Luis (2003). *Thinking Without Words*. Oxford University Press.

- Carruthers, Peter (2006). *The Architecture of the Mind. Massive Modularity and the Flexibility of Thought*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199207077.001.0001>
- Carruthers, Peter (2013). Animal minds are real, (distinctively) human minds are not. *American Philosophical Quarterly*, 50(3), 233-248.
- Casado Fresnillo, Celia, & Escandell Vidal, M. Victoria (2011). El lenguaje y las lenguas. En M. V. Escandell Vidal, V. Marrero Aguiar, C. Casado Fresnillo, E. Gutiérrez Rodríguez & N. Polo Cano, *Invitación a la lingüística* (pp. 1-52). Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Crist, Eileen (2004). Can an insect speak? The case of the honeybee dance language. *Social Studies of Science*, 34(1), 7-43. <https://doi.org/10.1177/0306312704040611>
- Danforth, Bryan N. (2007). Bees. *Current Biology*, 17(5), R156-R161. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.01.025>
- Danforth, Bryan N., & Poinar Jr., George O. (2011). Morphology, classification, and antiquity of *Melittosphex burmensis* (Apoidea: Melittosphecidae) and implications for early bee evolution. *Journal of Paleontology*, 85(5), 882-891. <https://doi.org/10.1666/10-130.1>
- De Boer, Bart, & Verhoef, Tessa (2018). Evolution of speech. En S.-A. Rueschemeyer & M. Gareth Gaskell (Eds.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*, 2nd ed. (pp. 841-864). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198786825.013.36>
- Deacon, Terrence (1997). *The Symbolic Species. The Co-Evolution of Language and the Human Brain*. Penguin.
- Dobrovolsky, Michael (1997). Animal communication. En W. O'Grady, M. Dobrovolsky & M. Aronoff (Eds.), *Contemporary Linguistics: An Introduction* (pp. 587-625). Bedford / St. Martin's.
- Downes, Stephen (2003). Baldwin effects and the expansion of explanatory repertoire in evolutionary biology. En B. Weber & D. Depew (Eds.), *Evolution and Learning: The Baldwin Effect Reconsidered* (pp. 33-51). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2871.003.0005>
- Dyer, Fred C. (2002). The biology of the dance language. *Annual Review of Entomology*, 47, 917-949. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145306>
- Eckles, Meg A., Roubik, David W., & Nieh, James C. (2012). A stingless bee can use visual odometry to estimate both height and distance. *The Journal of Experimental Biology*, 215(18), 3155-3160. <https://doi.org/10.1242/jeb.070540>
- Escandell Vidal, M. Victoria (2014). El lenguaje y la lingüística. En M. V. Escandell Vidal (Coord.), *Claves del lenguaje humano* (pp. 1-37). Editorial Universitaria Ramón Areces.

- Esch, Harald, & Burns, John E. (1995). Honeybees use optic flow to measure the distance of a food source. *Naturwissenschaften*, 82, 38-40. <https://doi.org/10.1007/BF01167870>
- Esch, Harald, & Burns, John E. (1996). Distance estimation by foraging honeybees. *The Journal of Experimental Biology*, 199(1), 155-162. <https://doi.org/10.1242/jeb.199.1.155>
- Frishberg, Nancy (1975). Arbitrariness and iconicity: Historical change in American Sign Language. *Language*, 51(3), 696-719. <https://doi.org/10.2307/412894>
- Gadagkar, Raghavendra (1996). The honeybee dance-language controversy. Robot bee comes to the rescue. *Resonance*, January, 63-70. <https://doi.org/10.1007/BF02838860>
- Gallistel, C. Randy (1998). Symbolic processes in the brain: The case of insect navigation. En D. Scarborough & S. Sternberg (Eds.), *An Invitation to Cognitive Science. Vol. 4: Conceptual and Methodological Foundations*, 2nd ed. (pp. 1-51). The MIT Press.
- Gallistel, C. Randy (2009). The foundational abstractions. En M. Piattelli-Palmarini, J. Uriagereka & P. Salaburu (Eds.), *Of Minds and Language. A Dialogue with Noam Chomsky in the Basque Country* (pp. 58-73). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199544660.003.0005>
- García Rodríguez, Sergio (2020). Descartes y el pensamiento animal: acciones exteriores vs. acciones interiores. *Daimon. Revista Internacional de Filosofía*, 79, 161-176.
- Gardner, Kathryn E., Seeley, Thomas D., & Calderone, Nicholas W. (2008). Do honeybees have two discrete dances to advertise food sources? *Animal Behaviour*, 75(4), 1291-1300. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.09.032>
- Gil, Mariana, & De Marco, Rodrigo J. (2010). Decoding information in the honeybee dance: revisiting the tactile hypothesis. *Animal Behaviour*, 80(5), 887-894. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.08.012>
- Gould, James L. (1975). Honey bee recruitment: The dance-language controversy. *Science*, 189, 685-693. <https://doi.org/10.1126/science.1154023>
- Greenberg, Gabriel (2023). The iconic-symbolic spectrum. *Philosophical Review*, 132(4), 579-627. <https://doi.org/10.1215/00318108-10697558>
- Griffin, Donald R. (1977). Expanding horizons in animal communication behavior. En T. Sebeok (Ed.), *How Animals Communicate* (pp. 26-32). Indiana University Press.
- Griffin, Donald R. (1992). *Animal Minds*. The University of Chicago Press.
- Grüter, Christoph, & Farina, Walter M. (2009). The honeybee waggle dance: can we follow the steps? *Trends in Ecology and Evolution*, 24(5), 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.12.007>

- Haiman, John (2006). Iconicity. En K. Brown (Dir.), *Encyclopedia of Language & Linguistics*, Vol. 5, 2nd ed. (pp. 457-461). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-044854-2/00194-2>
- Hasenjager, Matthew J., Franks, Victoria R., & Leadbeater, Ellouise (2022). From dyads to collectives: A review of honeybee signalling. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 76, 124. <https://doi.org/10.1007/s00265-022-03218-1>
- Hauser, Marc D. (2000). *Wild Minds. What Animals Really Think*. Henry Holt.
- Hockett, Charles F. (1958). *A Course in Modern Linguistics*. Macmillan.
- Hockett, Charles F. (1959). Animal 'languages' and human language. *Human Biology*, 31(1), 32-39.
- Hockett, Charles F. (1960). The origin of speech. *Scientific American*, 203, 88-111. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0960-88>
- Hualde, José Ignacio, Olarrea, Antxon, Escobar, Anna Maria, & Travis, Catherine E. (2010). *Introducción a la lingüística hispánica*, 2ª ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808821>
- Johnson, Rebecca N., Oldroyd, Benjamin P., Barron, Andrew B., & Crozier, Ross H. (2002). Genetic control of the honey bee (*Apis mellifera*) dance language: Segregating dance forms in a backcrossed colony. *Journal of Heredity*, 93(3), 170-173. <https://doi.org/10.1093/jhered/93.3.170>
- Kirchner, Wolfgang H., & Lindauer, Martin (1994). The causes of the tremble dance of the honeybee, *Apis mellifera*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 35, 303-308. <https://doi.org/10.1007/BF00184419>
- Kirchner, Wolfgang H., Lindauer, Martin, & Michelsen, Axel (1988). Honeybee dance communication: Acoustical indication of direction in round dances. *Naturwissenschaften*, 75, 629-630. <https://doi.org/10.1007/BF00366482>
- Kirchner, Wolfgang H., & Towne, William F. (1994). The sensory basis of the honeybee's dance language. *Scientific American*, 270(6), June: 74-80. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0694-74>
- Land, Benjamin B., & Seeley, Thomas D. (2004). The grooming invitation dance of the honey bee. *Ethology*, 110(1), 1-10. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2003.00947.x>
- Longa, Víctor M. (2012). *Lenguaje humano y comunicación animal: análisis comparativo*. Universidad Industrial de Santander.
- Longa, Víctor M. (2013). Bibliografía seleccionada y comentada sobre comunicación y semiosis animal. *Moenia. Revista Lucense de Lingüística & Literatura*, 19, 523-573.

- Longa, Víctor M. (2014). El segundo error de Descartes: representaciones mentales en insectos. Representaciones. *Revista de Estudios sobre Representación en Arte, Ciencia y Filosofía*, 10(1), 63-87.
- Lucast, Ellen (2010). Is human language unique? *Cognitive Critique*, 2, 27-42.
- Mann, Stephen F. (2018). Attribution of information in animal interaction. *Biological Theory*, 13(3), 164-179. <https://doi.org/10.1007/s13752-018-0299-5>
- Massey, Gerald J., & Boyle, Deborah A. (1999). Descartes's tests for (animal) mind. *Philosophical Topics*, 27(1), 87-146. <https://doi.org/10.5840/philtopics199927119>
- Menzel, Randolph, & Fisher, Julia (Eds.) (2011). *Animal Thinking. Contemporary Issues in Comparative Cognition*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262016636.001.0001>
- Michelsen, Axel (1999): The dance language of honeybees: Recent findings and problems. En M. D. Hauser & M. Konishi (Eds.), *The Design of Animal Communication* (pp. 111-131). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2359.003.0006>
- Michener, Charles D. (2007). *The Bees of the World*, 2nd ed. The Johns Hopkins University Press. <https://doi.org/10.56021/9780801885730>
- Mounin, Georges (1970). *Introduction a la sémiologie*. Minuit. Cit. por *Introducción a la semiología*. Anagrama, 1972.
- Pahl, Mario, Zhu, Hong, Tautz, Jürgen, & Zhang, Shaowu (2011). Large scale homing in honeybees. *PLoS One*, 6(5), e19669. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019669>
- Partan, Sarah R. & Marler, Peter (1999). Communication goes multimodal. *Science*, 283, 1272-1273.
- Partan, Sarah R., & Marler, Peter (2005). Issues in the classification of multimodal communication systems. *The American Naturalist*, 166(2), 231-245. <https://doi.org/10.1086/431246>
- Pepperberg, Irene M. (1999). *The Alex Studies. Cognitive and Communicative Abilities of Grey Parrots*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674041998>
- Poinar Jr., George O., & Danforth, Bryan N. (2006). A fossil bee from Early Cretaceous Burmese amber. *Science*, 314, 614. <https://doi.org/10.1126/science.1134103>
- Saussure, Ferdinand de (1916). *Cours de linguistique générale*. Payot. Ed. por C. Bally y A. Sechehaye. Cit. por *Curso de lingüística general*. Akal, 1980.
- Scott-Phillips, Thomas C., Kirby, Simon, & Ritchie, Graham R. S. (2009). Signalling signalhood and the emergence of communication. *Cognition*, 113(2), 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.08.009>

- Seeley, Thomas D. (1992). The tremble dance of the honey bee: Message and meanings. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 31, 375-383. <https://doi.org/10.1007/BF00170604>
- Seeley, Thomas D. (1998). Thoughts on information and integration in honey bee colonies. *Apidologie*, 29, 67-80. <https://doi.org/10.1051/apido:19980104>
- Si, Aung, Srinivasan, Mandyam V., & Zhang, Shaowu (2003). Honeybee navigation: Properties of the visually driven 'odometer'. *The Journal of Experimental Biology*, 206(8), 1265-1273. <https://doi.org/10.1242/jeb.00236>
- Slater, Peter J. B. (1999). *Essentials of Animal Behaviour*. Cambridge University Press. Cito por *El comportamiento animal*. Cambridge University Press, 2000.
- Spelke, Elizabeth S. (2003). What makes us smart? Core knowledge and natural language. En D. Gentner & S. Goldin-Meadow (Eds.), *Language in Mind. Advances in the Study of Language and Thought* (pp. 277-311). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/4117.003.0017>
- Srinivasan, Mandyam V., Zhang, Shaowu, Altwein, Monika, & Tautz, Jürgen (2000). Honeybee navigation: Nature and calibration of the 'odometer'. *Science*, 287, 851-853. <https://doi.org/10.1126/science.287.5454.851>
- Srinivasan, Mandyam V., Zhang, Shaowu, Berry, Jamie, Cheng, Ken, & Zhu, H. (1999). Honeybee navigation: Linear perception of short distances travelled. *Journal of Comparative Physiology A*, 185, 239-245. <https://doi.org/10.1007/s003590050383>
- Srinivasan, Mandyam V., Zhang, Shaowu, & Bidwell, Nicola J. (1997). Visually mediated odometry in honeybees. *The Journal of Experimental Biology*, 200(19), 2513-2522. <https://doi.org/10.1242/jeb.200.19.2513>
- Srinivasan, Mandyam V., Zhang, Shaowu, Lehrer, Miriam, & Collett, Thomas S. (1996). Honeybee navigation en route to the goal: Visual flight control and odometry. *The Journal of Experimental Biology*, 199(1), 237-244. <https://doi.org/10.1242/jeb.199.1.237>
- Srinivasan, Mandyam V., & Zhang, Shaowu (2004). Visual motor computations in insects. *Annual Review of Neurosciences*, 27, 679-696. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144343>
- Tautz, Jürgen & Bujok, Brigitte (2006). Bee dance. En K. Brown (Dir.), *Encyclopedia of Language & Linguistics*, Vol. 1, 2nd ed. (pp. 710-714). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-044854-2/00826-9>
- Thom, Corinna (2003). The tremble dance of honey bees can be caused by hive-external foraging experience. *The Journal of Experimental Biology*, 206(13), 2111-2116. <https://doi.org/10.1242/jeb.00398>

- Thom, Corinna, Gilley, David C., Hooper, Judith, & Esch, Harald E. (2007). The scent of the waggle dance. *PLoS Biology*, 5(9), e228, 1862-1867. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050228>
- Von Frisch, Karl (1937). The language of bees. *Science Progress*, 32, 29-37.
- Von Frisch, Karl (1967). *The Dance Language and Orientation of Bees*. Harvard University Press.
- Von Frisch, Karl (1969). *Aus dem Leben der Bienen*, 8ª ed. Springer-Verlag. Cito por *La vida de las abejas*, RBA, 1994. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-00451-7>
- Von Frisch, Karl (1973). Decoding the language of the bee. Nobel Lecture, December 12. Disponible en: <https://www.cs.swarthmore.edu/~meeden/cogs1/s07/frish.pdf>
- Wells, Patrick H., & Wenner, Adrian M. (1973). Do honey bees have a language? *Nature*, 241, 171-175. <https://doi.org/10.1038/241171a0>
- Wenner, Adrian M., & Wells, Patrick H. (1990). *Anatomy of a Controversy: The Question of a 'Language' Among Bees*. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/wenn90330>
- Wescott, Roger W. (1971). Linguistic iconism. *Language*, 47(2), 416-428. <https://doi.org/10.2307/412089>
- Wheeler, Brandon C., & Fischer, Julia (2012). Functionally referential signals: A promising paradigm whose time has passed. *Evolutionary Anthropology*, 21(5), 195-205. <https://doi.org/10.1002/evan.21319>
- Yule, George (2006). *The Study of Language*, 3rd ed. Cambridge University Press.