EL SIMIO CON LA CERILLA CUÁNTICA

De la organización de la materia al origen de la vida,
la conciencia y la inteligencia humana

Chicote CFC
Cronista Visual - Ensayista



Sinopsis Editorial

"El simio con la cerilla cuántica" propone un profundo ensayo sobre la evolución de las facultades cognitivas y el origen del conocimiento humano. La obra parte de una premisa audaz: ¿y si la inteligencia no hubiera comenzado con la aparición del cerebro, sino mucho antes? Lejos de abordar el pensamiento como un fenómeno aislado o un acontecimiento repentino, el libro sostiene que sus raíces se extienden a lo largo de una dilatada historia que hunde sus antecedentes funcionales en las formas más elementales de la organización de la materia viva.

Para fundamentar esta hipótesis, el ensayo articula su desarrollo a través de dos grandes movimientos complementarios. En el primero, se explora una continuidad funcional que retrocede hasta la organización físico-química de la materia y la autorregulación celular. A partir de esta base, la obra analiza la consolidación de categorías interpretativas precursoras como la prememoria y el preinstinto, mostrando cómo la retención de efectos y la estabilización de respuestas abrieron el camino hacia el instinto, la anticipación, la integración de señales y, finalmente, la emergencia de la conciencia.

El segundo movimiento sitúa el foco en el denominado «motor epistemológico». Una vez que emerge la conciencia, el organismo no solo responde a su entorno, sino que adquiere la capacidad de reconocer sus propios límites y representarse su propia ignorancia. Es precisamente este reconocimiento del «No lo sé» lo que transforma la mera reacción biológica en interrogante explícito, impulsando la búsqueda deliberada de explicaciones, la elaboración de narrativas culturales y la acumulación colectiva del saber. De este modo, El simio con la cerilla cuántica ofrece una reflexión imprescindible que desdibuja las fronteras tradicionales entre la materia, la vida y el pensamiento humano.

I.S.B.N.: 978-84-09-939909



Hipótesis sobre el Origen y Desarrollo de la Conciencia e Inteligencia Humana

"Ensayo sobre la evolución de las facultades cognitivas y el conocimiento humano"

Edición, diseño y publicación por Chicote CFC
Año 2026 - Primera Edición

Queda estrictamente prohibido, bajo las sanciones
establecidas por la ley, reproducir, registrar
o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente,
por cualquier sistema de recuperación
y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico,
magnético, electroóptico, por fotocopia
o cualquier otro tipo de soporte, sin la autorización
expresa de los titulares del copyright.

EL SIMIO CON LA CERILLA CUÁNTICA

De la organización de la materia al origen de la vida,
la conciencia y la inteligencia humana

Chicote CFC
Creador del Simbiosismo / Arte Simbiótico

ÍNDICE

Preámbulo. Bifurcación teórica acerca del origen de la inteligencia **9**
Introducción. De la organización de la materia al origen de la inteligencia **15**

PARTE 1. EL NACIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA 21
De la organización físico-química a los antecedentes biológicos de la cognición. 21

Capítulo I. La organización de la vida **23**
1.1. La materia como punto de partida 23
1.2. De la interacción físico-química a la organización 24
1.3. Sistemas organizados y condiciones de estabilidad 26
1.4. El problema del origen de la vida 27
1.5. Autoorganización y emergencia de propiedades nuevas 29
1.6. Los límites entre organización material y organización biológica 32
1.7. La vida como problema científico y frontera de la hipótesis 34

Capítulo II. La célula y el nacimiento de la autorregulación **39**
2.1. La célula como sistema delimitado 39
2.2. El nacimiento de la autorregulación 41
2.3. Información y regulación 43
2.4. Mantenerse sin permanecer inmóvil 46
2.5. Los límites de la estabilidad biológica 48

Capítulo III. La prememoria: cuando el pasado comienza a influir sobre el futuro **53**
3.1. La persistencia de los estados del sistema 53
3.2. La huella de las interacciones anteriores 55
3.3. Repetición funcional y conservación de información 58
3.4. La prememoria como concepto hipotético 61
3.5. De la persistencia a la modificación de respuestas 64

Capítulo IV. El preinstinto: conservar las respuestas que funcionan **69**
4.1. De la respuesta ocasional a la regularidad funcional 69
4.2. La estabilización de respuestas biológicas 71
4.3. Información heredada y predisposición a actuar 74
4.4. El preinstinto como propuesta interpretativa 76
4.5. Diferencias entre regulación, aprendizaje y conducta heredada 78

Capítulo V. Del preinstinto al instinto **83**
5.1. La evolución de las respuestas heredadas 83
5.2. La organización biológica de la conducta 85
5.3. El instinto como capacidad funcional 88
5.4. Ventajas y límites de las respuestas automáticas 90
5.5. Continuidades y discontinuidades evolutivas 93

PARTE 2. DE LA REACCIÓN A LA CONCIENCIA **97**

Capítulo VI. De la reacción a la anticipación **99**
6.1. De la respuesta inmediata a la integración de señales 99
6.2. Aprendizaje y modificación de la conducta 101
6.3. Predicción biológica y anticipación 103
6.4. La intuición como procesamiento de información 106
6.5. La complejidad creciente de las respuestas 108

Capítulo VII. De la inteligencia biológica a la conciencia **113**
7.1. Qué entendemos por conciencia 113
7.2. La integración de información en los organismos 115
7.3. La experiencia subjetiva y el problema de su origen 117
7.4. La pausa entre el estímulo y la respuesta 119
7.5. La conciencia como posible cambio cualitativo 121
7.6. Cerebro, memoria y ampliación de las capacidades cognitivas 123
7.7. Los límites actuales de nuestra explicación 125

PARTE 3. EL MOTOR EPISTEMOLÓGICO **129**

Capítulo VIII. El reino del instinto y sus límites **131**
8.1. El instinto en la conducta humana 131
8.2. Las limitaciones de la respuesta automática 132
8.3. Conflicto entre impulso, experiencia y situación 134
8.4. La incertidumbre ante lo desconocido 135
8.5. Las condiciones para la aparición de la pregunta 137

Capítulo IX. La sofisticación de la intuición **140**
9.1. La experiencia acumulada y el reconocimiento de patrones 140
9.2. Decisiones sin deliberación consciente completa 141
9.3. Intuición, memoria y anticipación 143
9.4. Los aciertos y errores de la intuición 144
9.5. De la intuición a la búsqueda de explicaciones 146

Capítulo X. El espejo de la conciencia **151**
10.1. La representación del propio organismo 151
10.2. Reconocerse como sujeto de la experiencia 152
10.3. La conciencia de los propios límites 154
10.4. La ignorancia como condición del interrogante 155
10.5. El nacimiento de una distancia entre lo vivido y lo comprendido 157

Capítulo XI. El nacimiento del «No lo sé»: la pregunta **161**
11.1. La incertidumbre como problema cognitivo 161
11.2. La pregunta como apertura del conocimiento 162
11.3. De la observación a la búsqueda de causas 163
11.4. La necesidad de construir explicaciones 165
11.5. El motor epistemológico 167

Capítulo XII. La carga cognitiva y el laberinto del miedo **171**
12.1. La incertidumbre y la percepción del peligro 171
12.2. El miedo como respuesta biológica y experiencia humana 172
12.3. La búsqueda de seguridad mediante explicaciones 174
12.4. De la respuesta inmediata a la elaboración simbólica 176
12.5. Alcances y límites de la hipótesis epistemológica 177

PARTE 4. DE LAS EXPLICACIONES A LA CULTURA **181**

Capítulo XIII. El mito y los dioses como arquitecturas de significado 183
13.1. La necesidad de explicar lo desconocido 183
13.2. El mito como estructura narrativa 184
13.3. Las primeras explicaciones de los fenómenos naturales 186
13.4. Los dioses como respuestas culturalmente compartidas 188
13.5. La función social de las explicaciones 190
13.6. Hipótesis, diversidad cultural y límites de la reconstrucción histórica 192

Capítulo XIV. La trama de las respuestas compartidas **197**
14.1. Del conocimiento individual a la experiencia colectiva 197
14.2. Lenguaje, símbolos y transmisión cultural 199
14.3. La memoria colectiva y la acumulación del conocimiento 201
14.4. Cooperación, aprendizaje social y supervivencia 204
14.5. La cultura como entorno de desarrollo cognitivo 207

Capítulo XV. La coevolución gen-cultura **213**
15.1. La interacción entre evolución biológica y cultura 213
15.2. La transmisión cultural y sus mecanismos 215
15.3. El lenguaje y la expansión de las capacidades humanas 218
15.4. La acumulación del conocimiento entre generaciones 220
15.5. La cultura como modificadora de las condiciones evolutivas 222
15.6. La inteligencia humana como proceso biológico y cultural 224

Conclusión. La trama simbiótica del devenir humano **229**
Epílogo. La cerilla y la inmensidad **233**
Bibliografía y referencias científicas **237**
Nota del autor **245**

PREÁMBULO

Bifurcación Teórica Acerca del Origen de la Inteligencia

Toda investigación sobre el origen de la inteligencia termina encontrándose, tarde o temprano, con una cuestión anterior: ¿qué tuvo que suceder para que la materia llegara a adquirir la capacidad de conservar información, responder a su entorno, modificar sus respuestas y, finalmente, preguntarse por aquello que la rodeaba? La pregunta parece sencilla, pero contiene un problema mucho más profundo. Si la inteligencia humana es el resultado de una larga historia evolutiva, entonces no puede estudiarse únicamente a partir del momento en que aparece un cerebro suficientemente desarrollado para reconocerla. Es necesario retroceder hasta aquellas formas elementales de organización de la materia viva en las que todavía no existían sistemas nerviosos ni pensamiento consciente, pero en las que ya podían operar mecanismos de conservación de la organización, regulación e interacción con el entorno.

Desde esta perspectiva, quizá la inteligencia no tenga un punto exacto de nacimiento. Tal vez no apareció de repente como una propiedad completamente nueva, sino que fue emergiendo a partir de capacidades mucho más antiguas: organización, autorregulación, conservación de información, adaptación y respuesta. La investigación contemporánea sobre los orígenes de la vida examina cómo las reacciones químicas prebióticas pudieron integrarse en redes capaces de sostener su propia organización, aunque todavía no existe una reconstrucción definitiva de la transición entre la química prebiótica y los primeros sistemas vivos [6]. Esta línea de investigación proporciona un marco científico para abordar el problema, pero no demuestra por sí misma que la inteligencia estuviera presente desde el origen de la vida. La primera inteligencia, si podemos utilizar provisionalmente este término para describir una continuidad funcional, no habría necesitado conocer el mundo: bastaría con investigar cómo determinadas formas de organización biológica pudieron conservar condiciones necesarias para su persistencia.

Esta es la cuestión que constituye el núcleo de este libro. Trataremos de seguir una posible continuidad desde las primeras formas de organización de la materia viva hasta aquellas capacidades que terminarían dando lugar al instinto, la anticipación, la inteligencia y, finalmente, la conciencia. La propuesta no consiste en atribuir a una célula memoria psicológica ni una

inteligencia semejante a la humana, sino en examinar si algunas propiedades funcionales —como responder a cambios, integrar señales y modificar procesos internos— pueden considerarse antecedentes de capacidades cognitivas posteriores. La investigación sobre la llamada cognición básica y las redes bioeléctricas explora posibles continuidades entre la regulación fisiológica y formas más complejas de procesamiento biológico, aunque el alcance de estas propuestas y su relación con la cognición deben analizarse críticamente [P1]. En este marco, conceptos como prememoria y preinstinto se utilizarán como categorías propias de la hipótesis que aquí se desarrolla, cuya utilidad deberá evaluarse mediante su definición precisa y su contraste con los conceptos científicos existentes.

Pero esta perspectiva abre inevitablemente una segunda pregunta. Si la vida consiguió conservar información y utilizarla para mantener su propia organización, ¿qué ocurrió después con esa información? ¿Qué sucedió cuando los organismos comenzaron no solamente a conservarla en su propia estructura, sino también a transmitirla, compartirla, acumularla y transformarla? La pregunta cambia entonces de escala. La información hereditaria permitió transmitir características entre generaciones; los sistemas nerviosos hicieron posibles nuevas formas de integración de señales, aprendizaje y memoria; la comunicación permitió compartir información entre individuos, y el lenguaje amplió las posibilidades de convertir experiencias particulares en significados colectivos. La cultura permitió que una parte de ese conocimiento sobreviviera más allá de quienes lo habían generado.

A partir de ahí, la información comenzó a adquirir formas de conservación y transmisión cada vez menos dependientes de la existencia de un individuo concreto. La palabra permitió transmitirla; la escritura, conservarla; las imágenes, representarla; y los libros y las bibliotecas, acumularla durante generaciones. La tecnología amplió progresivamente la capacidad humana para reproducirla, transportarla y transformarla, mientras que las redes digitales llevaron esa acumulación a una escala que ningún individuo podría abarcar por sí solo. La aparición de la inteligencia artificial introduce una nueva cuestión: cuando una inteligencia biológica construye sistemas capaces de procesar información mediante procedimientos que ya no dependen directamente de un cerebro humano individual, ¿estamos ante una nueva herramienta de la inteligencia o ante una nueva etapa en la historia de la información? La capacidad de procesar información, sin embargo, no basta por sí sola para demostrar que un sistema posea conciencia.

Esta segunda cuestión pertenece a otro recorrido. No porque sea ajena al primero, sino precisamente porque nace de él. La inteligencia y la información no constituyen aquí dos historias independientes, sino dos perspectivas que pueden observarse sobre una misma continuidad. La primera permite

preguntarnos cómo surgió la capacidad de procesar y conservar información dentro de la vida; la segunda, qué ocurrió con esa información cuando la inteligencia adquirió la capacidad de transmitirla, acumularla y exteriorizarla más allá del organismo. Separar ambas cuestiones no significa disociarlas, sino estudiarlas con mayor claridad. Por ello, este libro se ocupará principalmente de la primera perspectiva y tratará de reconstruir, como hipótesis de trabajo, una posible trayectoria que vaya desde la organización inicial de la materia viva hasta la aparición de la inteligencia consciente.

En este recorrido aparecerán conceptos como la prememoria y el preinstinto, utilizados aquí como propuestas conceptuales para describir capacidades que podrían situarse antes de aquello que convencionalmente denominamos memoria e instinto. No se pretende afirmar que una célula poseyera memoria en el sentido psicológico que damos actualmente a esa palabra, ni que una forma elemental de vida tuviera inteligencia semejante a la humana. Se trata de explorar si algunas de las propiedades que posteriormente asociamos con la inteligencia —conservar información, detectar cambios, modificar respuestas y mantener una organización funcional— pudieron existir en formas mucho más primitivas antes de adquirir la complejidad que hoy reconocemos. La hipótesis parte, por tanto, de una pregunta sencilla: ¿y si la inteligencia no hubiera comenzado con el cerebro, sino mucho antes? Si esta posibilidad llegara a sostenerse mediante argumentos y evidencias suficientes, el cerebro no representaría el comienzo absoluto de toda capacidad funcional relacionada con la inteligencia, sino una de sus formas más avanzadas de organización.

La inteligencia humana sería así el resultado de una historia mucho más extensa que la historia del propio ser humano. Una historia que comenzaría con la organización de la materia viva, continuaría con la conservación y utilización de información para responder al entorno y alcanzaría progresivamente formas de anticipación, aprendizaje, memoria, inteligencia y conciencia. No debemos interpretar esta secuencia como una sucesión lineal ya demostrada ni suponer que todas estas capacidades aparecieron de manera independiente y ordenada. Su función es organizar las preguntas que guiarán el análisis y permitirnos examinar las posibles relaciones entre procesos que pertenecen a niveles diferentes de organización biológica.

La aparición de la conciencia introduce una transformación decisiva en este recorrido. La inteligencia ya no solamente puede responder al entorno, sino que puede comenzar a representárselo, observar sus propios estados y reconocer los límites de aquello que conoce. La naturaleza exacta de la conciencia y su relación con los mecanismos biológicos siguen siendo problemas de investigación; por ello, este libro no dará por demostrada una única explicación de su origen. Sí examinará una posibilidad central para el

argumento: que, cuando una inteligencia puede reconocer una insuficiencia en sus propias respuestas, se abre un espacio para formular preguntas y buscar explicaciones. Ese será el punto en el que el recorrido biológico enlazará con el motor epistemológico desarrollado en la segunda parte de esta obra.

La conciencia de la propia ignorancia puede transformar la respuesta inmediata en una búsqueda de conocimiento. La incertidumbre, el miedo, la necesidad de comprender, la elaboración de explicaciones compartidas y la acumulación colectiva de información forman parte de este segundo proceso, cuyo desarrollo deberá considerar tanto la capacidad humana para producir respuestas como su capacidad para contrastarlas y corregirlas. El reconocimiento de la ignorancia no se presentará como un acontecimiento histórico concreto que pueda fecharse, sino como un modelo conceptual para comprender cómo la percepción de un límite puede convertirse en impulso para la investigación.

De este modo, el libro propone dos grandes movimientos complementarios. El primero intenta retroceder hasta los antecedentes biológicos de la inteligencia: materia, organización, información, conservación, prememoria, preinstinto, instinto, anticipación, inteligencia y conciencia. El segundo continúa desde la conciencia hacia la búsqueda de conocimiento: conciencia, reconocimiento de la ignorancia, pregunta, elaboración de explicaciones, contraste y conocimiento acumulativo. Estas secuencias constituyen un esquema interpretativo de trabajo, no una cronología evolutiva cerrada. Entre ambas existe una cuestión fundamental: la capacidad de conservar y utilizar información, cuyas formas y funciones cambian a medida que aumenta la complejidad de los sistemas biológicos y culturales.

Queda todavía una tercera pregunta abierta, que este libro no pretende desarrollar en toda su extensión: ¿qué sucede cuando la información deja de estar limitada a los mecanismos internos del organismo y comienza a acumularse fuera de él? Responderla exigiría ampliar la mirada desde la evolución biológica de la inteligencia hacia la evolución y expansión de la información. Habría que recorrer entonces otra trayectoria: desde la información hereditaria y la memoria biológica hasta la comunicación, el lenguaje, la cultura, la escritura, la tecnología, las redes digitales y la inteligencia artificial. Ese será el objeto de un segundo tratado, concebido no como una teoría independiente, sino como la ampliación de una misma pregunta.

Porque quizá la historia de la inteligencia pueda observarse desde dos direcciones complementarias: una que intenta comprender cómo la vida llegó a ser capaz de procesar información, y otra que intenta comprender

qué hizo la inteligencia con esa información una vez que aprendió a conservarla, transmitirla y multiplicarla. Este primer libro se detiene deliberadamente en la primera. No pretende cerrar la cuestión, sino hacer visible una posible continuidad allí donde tendemos a establecer fronteras: entre materia y vida, entre vida y capacidades precursoras de la inteligencia, entre inteligencia y conciencia, y finalmente entre conciencia y conocimiento.

Quizá la inteligencia no tenga un nacimiento puntual. Quizá sus antecedentes se remonten a las primeras formas en que la vida consiguió conservar su organización y utilizar información para responder a las condiciones del entorno. Y quizá, al llegar a la conciencia, algunas de esas capacidades adquirieron la posibilidad de preguntarse por su propio origen. Investigar esta posibilidad exige mantener abierta la hipótesis, contrastarla con los conocimientos existentes y distinguir con rigor entre aquello que sabemos, aquello que interpretamos y aquello que todavía necesitamos investigar.

Referencias al preámbulo:

[6] Nogal, N., Sanz-Sánchez, M., Vela-Gallego, S., Ruiz-Mirazo, K. y de la Escosura, A. (2023). "The protometabolic nature of prebiotic chemistry". Chemical Society Reviews, 52, 7359–7388. DOI: 10.1039/D3CS00594A.

[P1] Levin, M. (2023). "Bioelectric networks: the cognitive glue enabling evolutionary scaling from physiology to mind". Animal Cognition, 26, 1865–1891. DOI: 10.1007/s10071-023-01780-3.

INTRODUCCIÓN

De la Organización de la Materia al Origen de la Inteligencia

1. Antes de la vida, la posibilidad de la vida

Para comprender el origen de la inteligencia quizá debamos retroceder mucho más allá de la aparición de los primeros organismos dotados de sistemas nerviosos. Antes de que existieran formas reconocibles de memoria cognitiva, antes de que aparecieran los mecanismos biológicos que hoy identificamos con el instinto y mucho antes de que la conciencia pudiera convertirse en objeto de estudio, tuvo que producirse una transformación fundamental: la materia no viva dio paso, en algún momento de la historia de la Tierra, a sistemas que reconocemos como vivos. Comprender cómo pudo producirse esa transición constituye uno de los grandes problemas abiertos de la ciencia y plantea una pregunta previa a cualquier explicación sobre el origen de la inteligencia: ¿qué condiciones permitieron que la materia llegara a organizarse de una manera capaz de mantener su propia continuidad?

No conocemos todavía la secuencia exacta de acontecimientos que condujo a la aparición de la vida. Las investigaciones sobre química prebiótica, metabolismo, membranas primitivas y moléculas capaces de transmitir información han propuesto diferentes escenarios, sin que ninguno haya reconstruido de manera definitiva todo el proceso. La incertidumbre no impide formular hipótesis razonadas; exige, por el contrario, distinguir entre los conocimientos disponibles y las interpretaciones que pueden ayudarnos a explorar aquello que todavía desconocemos. Las investigaciones actuales examinan, entre otras posibilidades, cómo los componentes químicos pudieron integrarse en redes de reacciones y sistemas capaces de mantener su organización mediante intercambios de materia y energía con el entorno [3].

2. La energía como condición de las transformaciones

Una primera aproximación consiste en considerar el papel de la energía. Las transformaciones químicas que pudieron preceder a la vida se desarrollaron en un entorno sometido a intercambios energéticos, diferencias de temperatura, gradientes químicos y otras condiciones físicas capaces de favorecer determinadas reacciones. La actividad geológica, la radiación solar y las interacciones entre el agua y los minerales pudieron contribuir a crear

ambientes en los que diferentes sustancias reaccionaran, se combinaran y originaran nuevos compuestos.

La energía, sin embargo, no debe confundirse con la vida ni considerarse una explicación suficiente de su aparición. Los procesos energéticos producen innumerables transformaciones que nunca dan lugar a organismos. Su importancia para esta hipótesis radicaría en haber proporcionado condiciones para que ciertas reacciones químicas pudieran sucederse, relacionarse y, eventualmente, formar redes de mayor complejidad. La cuestión fundamental no es únicamente cómo interactuó la energía con la materia, sino cómo algunas de las transformaciones impulsadas por ella pudieron integrarse en organizaciones químicas capaces de conservar determinadas relaciones internas. La investigación sobre sistemas prebióticos estudia precisamente las condiciones bajo las cuales distintas rutas químicas podrían conectarse, acoplarse y contribuir a la persistencia de una organización dinámica [3].

3. De las reacciones químicas a la organización

Podemos plantear como hipótesis que, durante esta larga transición, algunas reacciones químicas llegaron a favorecer la continuidad de otras, estableciendo redes de interacción en las que determinados productos servían como componentes o recursos para nuevos procesos. La repetición de ciertas reacciones, la presencia de superficies minerales catalíticas y las condiciones particulares del entorno pudieron favorecer la persistencia de algunas organizaciones frente a otras menos estables.

No debemos interpretar esta posibilidad como si la materia hubiera actuado con una finalidad previa. Las reacciones químicas no necesitan anticipar un resultado ni perseguir la aparición de la vida. Basta con que sus propiedades y las condiciones ambientales permitan que unas configuraciones desaparezcan mientras otras persistan durante más tiempo o favorezcan la continuidad de los procesos que las constituyen. La persistencia de una configuración, no obstante, no significa por sí sola que haya surgido un sistema vivo: es necesario investigar qué combinaciones de procesos pudieron proporcionar continuidad funcional, intercambio con el entorno y, eventualmente, capacidades de reproducción y evolución [P2, 8].

En este contexto surge una cuestión decisiva: ¿pudo aparecer una organización química capaz de contribuir a su propia conservación antes de que existieran células plenamente constituidas? Esta posibilidad permite explorar un origen de la vida gradual, en el que las propiedades que hoy asociamos con los sistemas vivos no habrían aparecido necesariamente de forma simultánea, sino mediante la integración progresiva o interdependiente de

diferentes capacidades. La hipótesis no presupone que esta integración siguiera un único camino; plantea la necesidad de investigar cómo pudieron relacionarse los procesos que hicieron posible la continuidad de los primeros sistemas.

4. La membrana y la autonomía biológica

Uno de los problemas fundamentales de esta transición es explicar cómo pudieron formarse sistemas que mantuvieran un entorno interno diferenciado sin quedar completamente aislados de su exterior. Las membranas primitivas constituyen una posible respuesta. Determinadas moléculas pueden organizarse espontáneamente en estructuras delimitadoras que separan un interior del medio circundante y permiten el intercambio de algunas sustancias. La formación de compartimentos y el estudio de las protocélulas constituyen líneas activas de investigación sobre el paso de la química prebiótica a sistemas con propiedades más próximas a las de la vida [8].

La aparición de compartimentos pudo favorecer la concentración de compuestos, la interacción entre reacciones y la conservación de determinadas condiciones internas. No sabemos si estas estructuras aparecieron antes de las primeras redes químicas capaces de mantenerse, después de ellas o mediante un proceso de desarrollo conjunto. Ambas posibilidades, así como otras combinaciones, permanecen abiertas a la investigación.

Lo importante para la hipótesis que aquí se plantea es la posibilidad de que la compartimentación y la organización química llegaran a integrarse en un sistema cuya propia estructura contribuyera a mantenerlo. La vida no habría comenzado necesariamente con una célula semejante a las actuales, sino que pudo surgir a través de formas intermedias cuya organización fue adquiriendo capacidades cada vez más complejas. Los modelos de protocélulas permiten estudiar experimentalmente algunos de estos pasos, aunque no equivalen a una reconstrucción completa del origen histórico de la vida [8].

Desde esta perspectiva, propongo situar un criterio conceptual de la vida en la aparición de una organización material capaz de contribuir a su propia conservación mediante mecanismos rudimentarios de autorregulación. Esta propuesta no implica que cualquier sistema autorregulado deba considerarse vivo ni demuestra que la autorregulación precediera a la herencia. Constituye, más bien, una perspectiva desde la que investigar qué pudo distinguir a los primeros sistemas vivos de las organizaciones químicas que dependían exclusivamente de las condiciones externas. Su utilidad dependerá de que pueda definirse con precisión y compararse con otros criterios operativos empleados en la investigación sobre el origen de la vida.

5. De la conservación a la transmisión de información

Mantener una organización y transmitir sus características son capacidades diferentes. Un sistema químico puede persistir durante cierto tiempo sin disponer de un mecanismo que permita reproducir su organización en nuevas generaciones. Para que la evolución biológica acumulativa pudiera desarrollarse, tuvieron que establecerse formas de reproducción, variación y herencia capaces de conservar algunas características y transmitirlas a sistemas sucesivos. La naturaleza y el orden de aparición de los primeros mecanismos de herencia continúan siendo objeto de investigación; entre los modelos estudiados se encuentran las hipótesis que atribuyen a moléculas como el ARN funciones tempranas en la información heredable y la catálisis [5].

La aparición de mecanismos de información heredable debió desempeñar un papel fundamental en este proceso, aunque desconocemos con precisión cómo se relacionaron sus primeras formas con el metabolismo y la compartimentación. No es necesario suponer que la información biológica apareció completamente formada desde el principio. Podemos investigar si algunas formas de organización y conservación química precedieron a los sistemas de herencia más eficaces, o si ambas capacidades se desarrollaron de manera interdependiente. La relación entre metabolismo, compartimentación e información heredable debe tratarse, por tanto, como un problema abierto y no como una secuencia ya demostrada [P2, 5].

Esta distinción será importante para el argumento posterior. La información heredable permite conservar y transmitir características, pero su existencia no equivale por sí misma a inteligencia. Entre ambas encontramos una larga historia evolutiva en la que surgieron mecanismos biológicos cada vez más complejos para responder a las condiciones ambientales, regular la actividad del organismo y modificar determinadas respuestas. La cuestión que interesa a esta obra es si algunos de esos procesos pueden estudiarse como antecedentes funcionales de capacidades posteriores, sin atribuir a las primeras formas de vida memoria psicológica, pensamiento o conciencia.

6. De la continuidad biológica al origen de la inteligencia

El propósito de esta introducción no es resolver el problema del origen de la vida, sino establecer un marco desde el que abordar una pregunta posterior: ¿cómo pudieron surgir, a partir de sistemas vivos progresivamente organizados, las capacidades que dieron lugar a la inteligencia?

El planteamiento que desarrollaremos considera necesario examinar las formas más elementales de conservación de información antes de abordar el

instinto, la conciencia y el pensamiento. La prememoria se propone aquí como concepto para explorar la retención de efectos o regularidades de procesos anteriores; el preinstinto, como una posible categoría interpretativa para estudiar la consolidación de respuestas funcionales; y el instinto, como una forma de comportamiento biológico que no requiere necesariamente conciencia. Estos términos constituyen herramientas conceptuales de esta obra y deberán definirse y contrastarse con los conceptos empleados en biología evolutiva y ciencias cognitivas. No deben entenderse como categorías científicas ya establecidas ni como pruebas de que exista una secuencia evolutiva universal que conduzca necesariamente de una a otra.

La finalidad no es sustituir las explicaciones existentes, sino organizar una hipótesis sobre la posible continuidad entre mecanismos biológicos elementales y capacidades que, mucho más tarde, hicieron posible la inteligencia humana. Para que esta hipótesis adquiera consistencia será necesario precisar qué procesos concretos podrían corresponder a cada categoría, qué diferencias los separan y qué evidencias permitirían relacionarlos. El recorrido que comienza con la energía y la organización química no constituye, por tanto, una digresión respecto al tema principal. Es una manera de situar la inteligencia dentro de la historia más amplia de la organización de la materia y de la evolución de la vida.

Consideración final

La hipótesis preliminar que orienta esta obra contempla la posibilidad de que la vida surgiera mediante una transición gradual en la que el aprovechamiento energético, la organización química, la compartimentación y la autorregulación adquirieron progresivamente un papel fundamental. La relación temporal y funcional entre estos procesos continúa abierta a la investigación, y no existe todavía una reconstrucción definitiva que permita establecer una secuencia única [P2, 4, 5].

Este planteamiento podría constituir por sí mismo el punto de partida de una investigación futura dedicada específicamente al origen de la vida. En el presente ensayo, su función es más delimitada: establecer el contexto conceptual necesario para examinar cómo aparecieron las capacidades biológicas de conservación y transmisión de información y cómo pudieron evolucionar hasta dar lugar a formas cada vez más complejas de comportamiento, memoria e inteligencia.

Antes de preguntarnos cómo piensa un organismo, necesitamos comprender, hasta donde sea posible, cómo llegó a existir una organización material capaz de mantenerse, evolucionar y abrir el camino a la aparición del pensamiento. Esta necesidad de retroceder en la explicación no demuestra

que la inteligencia estuviera presente en las primeras formas de vida; plantea, en cambio, la pregunta de qué capacidades anteriores pudieron contribuir a hacerla posible.

Referencias a la introducción:

[P2] Harrison, S. A., Rammu, H., Liu, F., Halpern, A., Nunes Palmeira, R. y Lane, N. (2023). "Life as a Guide to Its Own Origins". Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 54, 327–350. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110421-101509

[3] Ruiz-Mirazo, K., Briones, C. y de la Escosura, A. (2014). "Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life". Chemical Reviews, 114(1), 285–366. https://doi.org/10.1021/cr2004844

[4] Pross, A. y Pascal, R. (2013). "The origin of life: what we know, what we can know and what we will never know". Open Biology, 3(3), 120190. https://doi.org/10.1098/rsob.120190

[5] Higgs, P. G. y Lehman, N. (2015). "The RNA World: molecular cooperation at the origins of life". Nature Reviews Genetics, 16, 7–17.

[8] Deamer, D. (2024). "Perspective: Protocells and the Path to Minimal Life". Journal of Molecular Evolution, 92(5), 530–538. https://doi.org/10.1007/s00239-024-10197-6

PARTE 1

EL NACIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA

De la organización físico-química
a los antecedentes biológicos de la cognición

CAPÍTULO I

La Organización de la Vida

1.1. LA MATERIA COMO PUNTO DE PARTIDA

La búsqueda del origen de la vida exige retroceder hasta las condiciones físicas y químicas que hicieron posible su aparición. Antes de que existieran células, organismos o cualquier forma conocida de actividad biológica, tuvo que existir una realidad material capaz de experimentar transformaciones, establecer interacciones y formar estructuras de complejidad creciente. El punto de partida de esta investigación no es, por tanto, la vida en sí misma, sino la materia y las propiedades que permiten explicar su organización.

La materia que constituye los organismos terrestres forma parte de una historia cósmica anterior a la propia Tierra. Los elementos químicos no aparecieron todos al mismo tiempo ni mediante un único proceso: el hidrógeno y gran parte del helio se formaron durante las primeras etapas del universo, mientras que numerosos elementos más pesados surgieron después mediante distintos procesos astrofísicos, incluidos los que tienen lugar en las estrellas y en determinados acontecimientos explosivos. Cuando se formó nuestro sistema solar, parte de esos elementos ya se encontraba incorporada a la nube de gas y polvo de la que surgieron el Sol, los planetas y otros cuerpos celestes [1].

Entre esos elementos se encuentran el carbono, el hidrógeno, el nitrógeno, el oxígeno, el fósforo y el azufre, fundamentales para la química de la vida terrestre. Su presencia permite comprender la base material de las moléculas biológicas, pero no explica por sí sola cómo surgieron los primeros sistemas vivos. Disponer de los componentes necesarios no equivale a conocer el proceso por el que esos componentes llegaron a constituir una organización capaz de mantener su funcionamiento y participar en su propia continuidad. El origen de la vida plantea precisamente el desafío de explicar esa transición desde la química no biológica hasta sistemas con propiedades biológicas [2].

Esta distinción determina el recorrido que seguirá el presente tratado. No se pretende atribuir a la materia una finalidad previa ni sostener que la vida fuera una consecuencia inevitable de la evolución del universo. Se trata de examinar qué condiciones físicas y químicas hicieron posible que aparecie-

ran determinadas formas de organización y qué procesos pudieron conducir, a través de sucesivas etapas, a la emergencia de sistemas vivos. La existencia de vida demuestra que esa transición ocurrió al menos una vez en la Tierra; no significa que conozcamos todavía todos los pasos que la hicieron posible.

La cuestión inicial, por tanto, no consiste únicamente en identificar de qué está hecha la vida, sino en comprender cómo la materia pudo llegar a organizarse de una manera que permitiera su aparición. Para abordar ese problema será necesario estudiar las interacciones entre sus componentes, las condiciones ambientales que favorecen o impiden determinadas transformaciones y la formación de sistemas cuya organización no se explica atendiendo únicamente a cada elemento por separado. Este será el paso siguiente: examinar cómo las interacciones físico-químicas pueden dar lugar a formas de organización sin presuponer que toda organización material sea ya una forma de vida.

1.2. DE LA INTERACCIÓN FISICO-QUÍMICA A LA ORGANIZACIÓN

La materia no constituye una realidad estática. Sus componentes interactúan de acuerdo con las propiedades físicas y químicas que los caracterizan, intercambian energía y pueden transformarse bajo determinadas condiciones. Estas interacciones permiten la formación de estructuras y compuestos cuya existencia depende de las condiciones del entorno y de las relaciones que mantienen sus componentes. Para comprender el origen de la vida, sin embargo, no basta con describir estas transformaciones por separado. Es necesario examinar cómo algunas de ellas pudieron llegar a relacionarse y formar sistemas de comportamiento más complejo.

La energía desempeña un papel esencial en este proceso, puesto que hace posibles numerosas transformaciones físicas y químicas. La radiación solar, la actividad geológica, las diferencias de temperatura y los gradientes químicos pudieron proporcionar, en distintos ambientes de la Tierra primitiva, condiciones favorables para determinadas reacciones. También las superficies minerales y las propiedades de ciertos compuestos pudieron influir en la velocidad, la dirección o la continuidad de algunos procesos químicos. No obstante, la disponibilidad de energía no explica por sí misma la aparición de la vida: el universo está lleno de transformaciones energéticas que no producen sistemas biológicos. La cuestión relevante es cómo pudieron combinarse determinadas condiciones para favorecer secuencias de reacciones capaces de generar nuevas posibilidades de organización.

Una reacción química puede producir un compuesto sin que ello implique la formación de un sistema organizado. La situación cambia cuando diferentes

reacciones comienzan a relacionarse, cuando los productos de unos procesos intervienen en otros o cuando determinadas condiciones favorecen la persistencia de ciertas combinaciones frente a otras. En estos casos, el comportamiento del conjunto puede depender de las relaciones entre sus componentes y no únicamente de las propiedades individuales de cada uno. La química prebiótica estudia precisamente diferentes escenarios en los que moléculas, redes de reacciones y estructuras delimitadas pudieron contribuir a la aparición de sistemas progresivamente más integrados, aunque todavía no existe una reconstrucción definitiva del proceso completo que originó la vida [3].

Esta perspectiva introduce una distinción importante para el desarrollo de nuestra hipótesis. La complejidad no debe entenderse simplemente como una acumulación de componentes, sino también como una modificación de las relaciones que estos mantienen entre sí. Un conjunto puede incorporar más elementos sin adquirir por ello una organización funcional nueva; en cambio, determinadas relaciones entre componentes pueden generar propiedades que no se identifican atendiendo a cada componente de forma aislada. Esta posibilidad permite formular una pregunta central: ¿en qué condiciones las interacciones entre los elementos de un sistema llegan a producir una organización con características propias?

Debemos evitar, sin embargo, interpretar esta progresión como si la materia estuviera orientada desde el principio hacia la aparición de la vida. No disponemos de pruebas que permitan atribuir a las transformaciones físico-químicas una finalidad biológica previa. Lo que sí podemos investigar son las condiciones en las que determinadas estructuras se forman, persisten, se transforman o desaparecen, así como los mecanismos que podrían favorecer la integración de procesos distintos. Desde esta perspectiva, el origen de la vida no se presenta como una consecuencia inevitable de la organización material, sino como un problema que exige identificar las transiciones concretas entre química, sistemas organizados y propiedades biológicas.

El paso decisivo será comprender si algunas de esas organizaciones pudieron adquirir una continuidad que no dependiera exclusivamente de la permanencia de sus componentes originales. Para ello tendremos que examinar la estabilidad de los sistemas, sus intercambios con el entorno y las condiciones que permiten mantener determinadas relaciones internas pese a las transformaciones que experimenta la materia. Esta cuestión nos acercará al límite conceptual entre la organización material y la organización biológica, pero todavía no autoriza a identificar ambas. Antes de abordar ese límite, será necesario comprender qué significa que un sistema organizado pueda persistir sin permanecer inalterado.

1.3. SISTEMAS ORGANIZADOS Y CONDICIONES DE ESTABILIDAD

La formación de una estructura no garantiza su permanencia. Las organizaciones materiales existen bajo determinadas condiciones físicas y químicas, y su continuidad depende de las propiedades de sus componentes, de las relaciones que mantienen entre sí y de las condiciones ambientales a las que están sometidas. Algunas estructuras pueden persistir durante largos periodos; otras se transforman rápidamente cuando cambian la temperatura, la presión, la disponibilidad de energía o la composición del medio. Comprender la organización de la materia exige, por tanto, estudiar no solo cómo se forman las estructuras, sino también qué condiciones permiten que se mantengan.

La estabilidad no debe confundirse necesariamente con la inmovilidad. Un sistema puede conservar determinadas propiedades mientras sus componentes experimentan cambios continuos. En algunos casos, esa persistencia depende de que las condiciones externas permanezcan dentro de ciertos límites; en otros, requiere un flujo constante de energía y materia. Los sistemas alejados del equilibrio termodinámico pueden mantener patrones organizados mientras persisten las condiciones que los sostienen. Una corriente de agua, por ejemplo, puede conservar una forma reconocible aunque el agua que la constituye esté cambiando continuamente. La organización que observamos no implica que sus componentes permanezcan fijos, sino que determinadas relaciones y condiciones se mantienen a lo largo del proceso.

Esta distinción resulta especialmente relevante al investigar el origen de la vida. Los organismos actuales son sistemas abiertos que intercambian materia y energía con el entorno y mantienen su organización mediante procesos continuos. Sin embargo, no debemos proyectar automáticamente sobre la química prebiótica todas las propiedades de los seres vivos actuales. La cuestión científica consiste en determinar qué formas de persistencia pudieron existir antes de la aparición de los organismos y qué transformaciones hicieron posible el surgimiento de sistemas capaces de conservar y reproducir su organización. Algunas investigaciones sobre el origen de la vida estudian precisamente la estabilidad de sistemas químicos persistentes y la manera en que determinadas redes de reacciones pudieron adquirir nuevas propiedades [4, 6].

La estabilidad puede entenderse, en consecuencia, como una condición dependiente del sistema y de su relación con el entorno, no como una propiedad absoluta. Una estructura puede mantenerse en unas circunstancias y desaparecer en otras. Incluso cuando una organización persiste, puede experimentar transformaciones internas que alteren progresivamente

su comportamiento. Esto obliga a distinguir entre la permanencia de una forma, la continuidad de un proceso y la conservación de las condiciones que permiten que ese proceso siga desarrollándose. Son fenómenos relacionados, pero no equivalentes.

En el marco de nuestra investigación, esta diferencia permite formular una pregunta fundamental: ¿qué cambia cuando un sistema deja de limitarse a persistir bajo ciertas condiciones y adquiere mecanismos capaces de contribuir a la conservación de su propia organización? La pregunta no presupone que exista una frontera única y claramente identificada entre materia no viva y vida. Señala, más bien, un problema que debemos abordar mediante el análisis de las propiedades que caracterizan a los sistemas biológicos y de los posibles antecedentes físico-químicos de esas propiedades.

La estabilidad, por sí sola, no demuestra que exista vida, del mismo modo que la complejidad no garantiza que una estructura sea biológica. No obstante, estudiar cómo los sistemas materiales mantienen determinadas relaciones pese a las transformaciones que experimentan constituye un paso necesario para comprender la transición que buscamos reconstruir. Antes de abordar directamente el origen de la vida, debemos precisar qué entendemos por organización, qué tipos de estabilidad pueden existir y cuáles de sus características podrían haber contribuido a la aparición de sistemas biológicos. Esta distinción nos permitirá examinar el problema del origen de la vida sin confundir una condición que pudo hacerlo posible con una explicación suficiente de su aparición.

1.4. EL PROBLEMA DEL ORIGEN DE LA VIDA

Una vez examinadas las interacciones físico-químicas, la organización de la materia y las condiciones que permiten la estabilidad de determinados sistemas, llegamos a una de las grandes preguntas pendientes de la ciencia: ¿cómo surgió la vida a partir de una realidad material que, en sus primeras etapas, no estaba organizada como los organismos que conocemos? No basta con identificar los elementos químicos presentes en los seres vivos ni con demostrar que determinadas moléculas pueden formarse mediante procesos no biológicos. Es necesario comprender cómo pudieron establecerse relaciones entre esas moléculas hasta dar lugar a sistemas con propiedades características de la vida [2, 3].

La existencia de moléculas orgánicas no constituye, por sí sola, una prueba de actividad biológica. Algunos componentes utilizados por los organismos pueden originarse mediante procesos abióticos y también se han identificado

compuestos orgánicos en materiales procedentes del espacio. El problema consiste en explicar cómo esos componentes pudieron incorporarse a procesos químicos progresivamente más integrados, capaces de sostener una organización y transmitir sus variaciones [1, 2, 3]. Entre la disponibilidad de los ingredientes y la aparición de un sistema vivo existe, por tanto, una cuestión que no puede resolverse mediante la mera enumeración de sustancias.

La investigación sobre el origen de la vida contempla diferentes escenarios. Algunas propuestas destacan la importancia de las redes de reacciones químicas y de los procesos metabólicos; otras estudian la formación de compartimentos capaces de separar parcialmente un sistema de su entorno, o el papel que pudieron desempeñar moléculas con capacidad para almacenar información y favorecer determinadas reacciones. Estas posibilidades no tienen por qué ser completamente incompatibles, pero todavía se investiga cómo pudieron relacionarse y en qué secuencia se establecieron las propiedades necesarias para la vida [3, 5].

Entre las hipótesis más conocidas se encuentra la del mundo de ARN, según la cual el ácido ribonucleico, o alguna estructura molecular relacionada, pudo desempeñar una función temprana en la transmisión de información y en la catálisis de reacciones. Su interés reside en que el ARN actual puede cumplir ambas funciones, aunque reconstruir cómo pudieron formarse sus precursores, cómo surgieron mecanismos de copia suficientemente eficaces y cómo se integraron en sistemas estables continúa planteando dificultades. La hipótesis constituye una línea de investigación relevante, no una reconstrucción completa y definitivamente demostrada del origen de la vida [5].

Estas investigaciones obligan a considerar que la transición hacia la vida pudo implicar varios procesos que se reforzaron mutuamente: la disponibilidad de fuentes de energía, la formación y concentración de moléculas, el establecimiento de redes de reacciones, la aparición de mecanismos de conservación y transmisión de información y el desarrollo de sistemas delimitados capaces de mantener determinadas condiciones internas. No sabemos todavía con certeza cómo se combinaron estos procesos ni si la primera organización biológica se originó siguiendo una única secuencia. Por eso, cualquier explicación rigurosa debe distinguir los resultados experimentales obtenidos de las reconstrucciones hipotéticas que intentan conectarlos [2, 3].

Para el argumento de este libro, la cuestión adquiere una dimensión adicional. Si la vida surgió mediante procesos naturales a partir de sistemas materiales anteriores, debemos investigar qué propiedades hicieron posible que algunas organizaciones no se limitaran a existir durante un intervalo, sino

que pudieran contribuir a su propia continuidad. Esta formulación no significa atribuir intención a la materia ni afirmar que la aparición de la vida estuviera predeterminada. Significa estudiar si ciertas formas de organización, bajo condiciones específicas, pudieron dar lugar a procesos capaces de conservar componentes, aprovechar energía, modificar su funcionamiento y, finalmente, participar en mecanismos de reproducción y evolución.

Tampoco debemos identificar desde el principio esas capacidades con la memoria, el instinto o la inteligencia en el sentido que empleamos para describir a los organismos actuales. Utilizar esos términos para las primeras etapas de la organización material exigiría definirlos con precisión y demostrar qué propiedades concretas permiten establecer la comparación. De lo contrario, correríamos el riesgo de proyectar categorías posteriores sobre procesos que quizá fueron muy diferentes. La investigación debe avanzar desde las propiedades observables de los sistemas más simples hacia las capacidades biológicas que aparecieron posteriormente, sin dar por demostrada de antemano la continuidad funcional que pretendemos examinar.

El origen de la vida constituye, en consecuencia, el punto de encuentro entre dos preguntas relacionadas, pero distintas: cómo pudo surgir una organización biológica a partir de procesos físico-químicos y cómo llegaron los organismos vivos a desarrollar capacidades cada vez más complejas para conservar información, responder al entorno y modificar su comportamiento. La primera pregunta pertenece al estudio del origen de la vida; la segunda nos conducirá, a través de sucesivas etapas, al problema del origen de las capacidades que preceden al pensamiento consciente. La conexión entre ambas es una hipótesis de trabajo que deberá justificarse durante el desarrollo de la obra.

Antes de abordar esa transición, debemos examinar un concepto decisivo: la autoorganización. Estudiar cómo determinadas interacciones producen estructuras y patrones sin que exista un agente externo que diseñe cada detalle permitirá precisar qué puede explicar la organización espontánea y cuáles son sus límites. La autoorganización puede contribuir a explicar la aparición de estructuras complejas, pero no equivale por sí misma a la aparición de vida. La cuestión seguirá siendo identificar qué propiedades adicionales hicieron posible el surgimiento de sistemas biológicos.

1.5. AUTOORGANIZACIÓN Y EMERGENCIA DE PROPIEDADES NUEVAS

La materia no siempre se organiza mediante una estructura impuesta desde el exterior. Bajo determinadas condiciones, las interacciones entre sus componentes pueden generar patrones, agrupaciones y comportamientos

colectivos que no se encuentran de manera aislada en cada uno de ellos. Este fenómeno, conocido como autoorganización, permite estudiar cómo surgen formas de orden a partir de interacciones locales y de las condiciones físicas y químicas del sistema. No implica que la materia posea una intención ni que el resultado esté predeterminado: la organización depende de las propiedades de los componentes, de sus relaciones y del entorno en el que interactúan [3, 6].

Para comprender este fenómeno es necesario distinguir entre las características de los componentes y las propiedades que aparecen cuando estos se relacionan. Una molécula posee determinadas propiedades químicas, pero un conjunto de moléculas que interactúa puede formar estructuras, establecer ciclos de reacción o desarrollar comportamientos colectivos que no se describen adecuadamente examinando cada molécula por separado. La organización introduce así un nivel de análisis diferente: además de estudiar qué elementos componen un sistema, debemos investigar cómo se relacionan, qué procesos permiten su interacción y qué comportamientos resultan de esas relaciones. La aparición de propiedades nuevas en un nivel de organización suele estudiarse mediante el concepto de emergencia, aunque su uso no implica que dichas propiedades sean inexplicables ni que obedezcan a leyes distintas de las que rigen los componentes [3, 6].

La autoorganización tampoco debe confundirse con la creación de orden a partir de la nada. Los sistemas materiales están sujetos a condiciones físicas, restricciones químicas e intercambios de energía y, en muchos casos, de materia con el entorno. En sistemas alejados del equilibrio termodinámico pueden mantenerse patrones organizados gracias a procesos que consumen y disipan energía. La continuidad de esas estructuras depende entonces de las condiciones que las sostienen. No se trata de una excepción a la termodinámica, sino de procesos que deben comprenderse dentro de sus principios. En química prebiótica se investigan precisamente las circunstancias bajo las cuales determinadas redes de reacciones y agrupaciones moleculares podrían mantenerse y adquirir una integración funcional progresiva [6].

Un aspecto especialmente relevante es la posibilidad de que las relaciones entre procesos refuercen su propia continuidad. En una red química, por ejemplo, algunos productos pueden favorecer reacciones que generan más componentes de esa misma red, dando lugar a circuitos de retroalimentación. Si existen condiciones adecuadas, estas interacciones pueden contribuir a estabilizar ciertos procesos frente a las numerosas transformaciones posibles. Sin embargo, que una reacción se refuerce o que una estructura se mantenga no significa necesariamente que el sistema se reproduzca, evolucione o esté vivo. Para determinar su importancia biológica

hay que examinar el comportamiento del conjunto y comprobar qué capacidades posee realmente, en lugar de deducirlas únicamente de su complejidad [3, 6].

Esta distinción resulta fundamental al estudiar el origen de la vida. La química prebiótica investiga cómo los componentes moleculares pudieron pasar de encontrarse en mezclas relativamente desorganizadas a integrarse en redes de reacciones y estructuras capaces de sostener procesos relacionados entre sí. Una revisión sobre la naturaleza protometabólica de la química prebiótica destaca precisamente la importancia de conectar distintas rutas químicas y comprender cómo podrían formar redes autosostenidas y agrupaciones protocelulares [6]. Se trata de una línea de investigación que permite explorar posibles transiciones hacia la organización biológica, no de una demostración definitiva de la secuencia histórica por la que apareció la primera forma de vida.

Desde la perspectiva de esta obra, la cuestión que se abre es si algunas de las propiedades surgidas mediante la autoorganización pudieron convertirse en condiciones previas para capacidades biológicas posteriores. La persistencia de una estructura, la regulación de un proceso o la conservación de determinadas relaciones podrían constituir puntos de partida para investigar cómo llegaron a establecerse sistemas con mayor integración funcional. Pero debemos evitar una conclusión anticipada: la estabilidad no equivale a autorregulación, la autorregulación no equivale a memoria y ninguna de estas propiedades, por separado, demuestra la existencia de inteligencia. Cada transición exige una definición y una justificación propias.

Esta cautela no reduce el alcance de la investigación; lo hace más preciso. Si pretendemos examinar la posible continuidad entre la organización material y las capacidades que terminaron haciendo posible el pensamiento humano, debemos identificar las propiedades intermedias sin atribuir a las primeras formas de organización características que solo reconocemos en organismos posteriores. La autoorganización ofrece un marco para estudiar la aparición de patrones y relaciones funcionales. No explica por sí sola el origen de la vida, pero ayuda a delimitar algunos de los procesos que pudieron intervenir en su aparición.

La pregunta que debemos plantear a continuación es, por tanto, más concreta: ¿qué diferencia a una organización material que surge espontáneamente de un sistema que consigue mantener activamente determinadas condiciones de su propia existencia? Para responder será necesario examinar los límites entre organización físico-química y organización biológica, distinguiendo las propiedades que pueden compartir de aquellas que requieren mecanismos adicionales. Ese será el objeto del siguiente apartado.

1.6. LOS LÍMITES ENTRE ORGANIZACIÓN MATERIAL Y ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA

La existencia de estructuras complejas, de patrones que se mantienen en el tiempo o de procesos capaces de reforzar su propia continuidad no basta para afirmar que estamos ante un sistema vivo. Como hemos visto, la materia puede organizarse mediante interacciones físico-químicas y generar propiedades que no se manifiestan en sus componentes aislados. Sin embargo, para comprender el origen de la vida debemos determinar qué diferencia esas formas de organización de aquellas que caracterizan a los organismos. La dificultad no consiste únicamente en reconocer los seres vivos que conocemos, sino en identificar qué propiedades tuvieron que aparecer para que pudiera surgir la primera organización biológica [3, 6].

No existe una definición de vida aceptada sin reservas por toda la comunidad científica. Una formulación ampliamente utilizada en astrobiología describe la vida como un sistema químico autosostenido capaz de experimentar evolución darwiniana. Esta definición resulta útil porque relaciona la organización química con la reproducción, la transmisión de información, la variación heredable y la evolución. No obstante, sus propios términos plantean dificultades: no siempre es sencillo determinar qué significa que un sistema se sostenga a sí mismo, qué grado de capacidad evolutiva resulta suficiente o dónde debe situarse el límite entre una organización química compleja y una biológica [7]. La dificultad para establecer una definición universal no impide investigar la vida, pero obliga a reconocer que cualquier criterio adoptado constituye una herramienta de trabajo y no necesariamente una frontera absoluta.

Entre las propiedades que permiten caracterizar a los organismos conocidos destacan el metabolismo, la regulación de sus condiciones internas, la organización celular y la capacidad de reproducirse dentro de sistemas que permiten la transmisión de información heredable y la evolución. Ninguna de estas características debe interpretarse de manera aislada. Un organismo puede depender de otros seres vivos para obtener recursos, mientras que una estructura química no viva puede presentar determinados comportamientos que, considerados por separado, recuerdan a procesos biológicos. La cuestión es cómo se integran las distintas funciones en un sistema capaz de mantener una organización y participar en una historia evolutiva [6, 7].

La autorregulación introduce aquí una distinción importante. Un sistema físico puede conservar una forma mientras se mantienen las condiciones que la hacen posible; un sistema biológico, en cambio, desarrolla procesos que contribuyen activamente a mantener su organización frente a las variaciones del entorno. Esto no significa que un organismo sea independiente de las

condiciones externas ni que pueda conservar indefinidamente su estado. La vida requiere intercambios de materia y energía, y su continuidad depende de procesos que pueden fallar. La diferencia relevante no reside en una supuesta autonomía absoluta, sino en la integración de mecanismos que contribuyen a sostener el sistema del que forman parte [3, 6].

También debemos considerar la relación entre organización e información. Las estructuras materiales pueden presentar regularidades sin almacenar información heredable en un sentido biológico. Para que exista evolución darwiniana deben producirse variaciones que puedan transmitirse entre generaciones y que, bajo determinadas condiciones, afecten a la persistencia o reproducción de los sistemas que las portan. Por eso, la información biológica no puede reducirse a cualquier patrón físico ni a la mera permanencia de una estructura. Su importancia depende de la función que desempeña dentro de un sistema capaz de conservar, transmitir y modificar características a lo largo de generaciones [7].

Esta perspectiva permite plantear una cuestión central para el estudio del origen de la vida: ¿aparecieron simultáneamente las propiedades que hoy reconocemos en los organismos o se integraron progresivamente a través de etapas intermedias? La investigación sobre sistemas prebióticos contempla posibles combinaciones de redes de reacciones químicas, moléculas informacionales y compartimentos que pudieron favorecer la aparición de unidades más integradas. Sin embargo, todavía no existe una reconstrucción definitiva que establezca cómo se combinaron históricamente esos componentes ni cuál fue la secuencia exacta de la transición hacia la vida [3, 6].

En el marco de esta obra, debemos ser especialmente cuidadosos al aproximarnos a la idea de una continuidad entre organización material, vida e inteligencia. Es posible investigar si algunas propiedades anteriores a la vida constituyeron condiciones necesarias para el desarrollo posterior de capacidades biológicas, pero no debemos identificar directamente una estructura persistente con una forma elemental de memoria, ni una reacción química con una manifestación de inteligencia. Para establecer esas relaciones será necesario definir qué entendemos por conservar información, modificar una respuesta y mantener una organización mediante procesos internos. Solo entonces podremos valorar si determinados fenómenos constituyen antecedentes funcionales de capacidades que aparecieron en etapas posteriores.

La distinción entre organización material y organización biológica no debe entenderse, por tanto, como una separación metafísica entre dos realidades sin relación. Los organismos están constituidos por materia y sometidos a las

mismas leyes físicas y químicas que el resto del universo. La cuestión científica es explicar cómo determinadas interacciones llegaron a integrarse en sistemas con propiedades características de la vida. En qué momento una organización química adquirió esas propiedades y cómo se produjo la transición son preguntas abiertas que requieren explicaciones contrastables, no respuestas basadas en una frontera establecida de antemano.

Este apartado permite fijar un principio metodológico para el resto del libro: la continuidad material entre los organismos y el universo no implica que todas las formas de organización posean las mismas capacidades. Entre la estabilidad de una estructura, la autorregulación de un sistema vivo, la conservación de información heredable y las funciones cognitivas existe una sucesión de problemas que debemos examinar sin anticipar sus soluciones. La hipótesis que guía nuestra investigación consiste en explorar las conexiones posibles entre esas etapas, no en dar por demostrada una equivalencia entre ellas.

El siguiente paso será delimitar con mayor claridad qué entendemos por vida y hasta dónde alcanza nuestra explicación actual de su origen. Necesitamos reconocer tanto lo que la investigación científica permite afirmar como aquello que permanece abierto. Solo desde esa frontera podremos establecer las condiciones de partida para estudiar la organización biológica y, posteriormente, la aparición de capacidades que podrían relacionarse con los antecedentes de la memoria, el instinto y la inteligencia.

1.7. LA VIDA COMO PROBLEMA CIENTÍFICO Y FRONTERA DE LA HIPÓTESIS

El estudio del origen de la vida nos sitúa ante una frontera del conocimiento científico: conocemos numerosos procesos que caracterizan a los organismos actuales y hemos logrado investigar experimentalmente algunas reacciones químicas que pudieron intervenir en etapas anteriores a su aparición, pero todavía no disponemos de una explicación completa y demostrada de cómo surgió la primera organización biológica. La investigación ha identificado vías plausibles para la formación de componentes orgánicos y estudia cómo pudieron integrarse en redes químicas, estructuras delimitadas y sistemas capaces de evolucionar. Sin embargo, reconstruir la transición completa entre la química prebiótica y la vida continúa siendo un problema abierto [2, 3, 6].

Esta dificultad se relaciona, en parte, con la propia definición de vida. Una formulación de trabajo ampliamente conocida la describe como un sistema químico autosostenido capaz de experimentar evolución darwiniana. Su

utilidad reside en que no se limita a enumerar propiedades aisladas, sino que relaciona la organización química con la continuidad de los sistemas y con los procesos evolutivos. No obstante, sus términos siguen siendo objeto de discusión: qué significa exactamente que un sistema se sostenga a sí mismo, qué condiciones permiten reconocer su capacidad evolutiva y cómo debemos interpretar los casos que se encuentran en los límites de la definición. La dificultad no invalida la investigación, pero obliga a reconocer que las definiciones científicas son instrumentos que pueden revisarse a medida que aumenta el conocimiento [7].

También debemos distinguir entre lo que se ha observado, lo que se ha reproducido experimentalmente y lo que se propone como reconstrucción de acontecimientos remotos. Que determinadas moléculas puedan formarse sin intervención biológica es un resultado que puede estudiarse mediante experimentos; que algunas redes químicas puedan mantener procesos relacionados entre sí constituye otra cuestión; afirmar cómo se combinaron históricamente esas propiedades para originar la primera forma de vida supone un nivel adicional de interpretación. Confundir estos niveles convertiría resultados parciales en una explicación global que la evidencia disponible todavía no permite establecer [2, 3].

Esta precaución define el método que seguiremos en el resto de la obra. No pretendemos sustituir las explicaciones de la biología evolutiva, la química prebiótica o las ciencias cognitivas por una teoría que resuelva de antemano todos sus interrogantes. El propósito es investigar si algunas propiedades fundamentales de la organización biológica pueden ayudar a comprender el desarrollo posterior de capacidades relacionadas con la conservación de información, la adaptación y la modificación de respuestas. Para hacerlo, será necesario examinar cada capacidad en el nivel de organización en el que aparece, establecer qué significa y evitar que la semejanza funcional se convierta, sin justificación, en una equivalencia conceptual.

En este punto conviene precisar el alcance de nuestra hipótesis. La posibilidad de estudiar una continuidad entre la organización de la materia, la aparición de la vida y el desarrollo de capacidades cognitivas no significa que todos esos procesos sean idénticos ni que el universo estuviera dirigido hacia la aparición del ser humano. La continuidad material constituye el punto de partida; las transformaciones que hicieron posible la vida, la evolución de los organismos y la aparición de capacidades cognitivas deben explicarse mediante procesos específicos. No disponemos de razones suficientes para atribuir conciencia, intención o inteligencia a la materia por el mero hecho de que, bajo determinadas condiciones, pueda organizarse en estructuras complejas.

Sin embargo, tampoco necesitamos suponer que las capacidades posteriores aparecieron sin antecedentes. La evolución biológica permite investigar cómo las propiedades de los organismos se desarrollan, se modifican y se integran a lo largo del tiempo. Desde esta perspectiva, resulta razonable preguntar qué condiciones hicieron posibles formas cada vez más eficaces de regulación, respuesta y adaptación, y cómo algunas de ellas pudieron relacionarse posteriormente con la memoria, el aprendizaje y la cognición. Que esta continuidad pueda reconstruirse de manera gradual es una hipótesis de trabajo que debe contrastarse en cada etapa, no una conclusión que pueda darse por demostrada desde el principio.

La pregunta central de esta obra surge precisamente de esa frontera: ¿hasta qué punto podemos retroceder en la historia de la organización biológica para identificar los antecedentes de capacidades que, mucho después, participarían en el desarrollo de la inteligencia humana? Para avanzar será necesario distinguir entre la conservación física de una estructura, la regulación de un proceso biológico, la retención de información con efectos funcionales y las formas de comportamiento que dependen de mecanismos heredados o adquiridos. Aunque puedan establecerse relaciones entre estos fenómenos, no debemos considerarlos manifestaciones equivalentes de una misma capacidad sin demostrar los mecanismos que los conectan.

La hipótesis de la prememoria, que desarrollaremos más adelante, deberá someterse a esta exigencia. No bastará con señalar que un sistema conserva un estado o repite un proceso para concluir que posee memoria en un sentido biológico. Será necesario precisar qué información se conserva, mediante qué mecanismo, durante cuánto tiempo y de qué manera esa conservación influye en el comportamiento posterior del sistema. Del mismo modo, el concepto de preinstinto deberá identificar una propiedad concreta que permita diferenciar la regulación elemental de las respuestas biológicas heredadas. Estos conceptos se proponen como herramientas interpretativas para investigar posibles continuidades evolutivas; su validez dependerá de la claridad de sus definiciones y de la evidencia que pueda respaldarlas.

Con este planteamiento cerramos el primer capítulo. Hemos partido de la materia y de sus interacciones, examinado la formación y la estabilidad de estructuras organizadas, considerado la autoorganización y delimitado las dificultades que plantea distinguir la organización material de la biológica. No hemos reconstruido el origen de la vida ni pretendemos haberlo explicado. Hemos establecido, en cambio, el marco desde el que abordaremos la siguiente cuestión: qué propiedades permitieron a los primeros sistemas vivos mantener su organización en condiciones cambiantes.

El capítulo siguiente se centrará en la célula y en la autorregulación. Este cambio de escala es necesario porque, una vez delimitado el problema de la vida, debemos estudiar sistemas biológicos concretos y los procesos que contribuyen a su continuidad. A partir de ahí podremos investigar con mayor precisión cómo la regulación, la persistencia de determinados estados y la interacción con el entorno pudieron constituir condiciones para capacidades biológicas posteriores. El recorrido hacia la inteligencia comienza, por tanto, no con una afirmación anticipada sobre su origen, sino con una pregunta que deberá acompañarnos durante toda la obra: ¿qué transformaciones hicieron posible que una organización material llegara a conservar, utilizar y modificar información de manera cada vez más compleja?

Referencias al primer capítulo:

[1] NASA, Are we really made of star stuff?, NASA Science, Astrobiology Learning Progressions. Recurso educativo sobre el origen cósmico de los elementos químicos y su incorporación a la materia que forma la Tierra y los seres vivos. Disponible en: https://science.nasa.gov/astrobiology/learning-resources/alp/are-we-really-made-of-star-stuff/

[2] Sutherland, J. D. (2017). "Studies on the origin of life — the end of the beginning". Nature Reviews Chemistry, 1, artículo 0012. https://doi.org/10.1038/s41570-016-0012

[3] Ruiz-Mirazo, K., Briones, C. y de la Escosura, A. (2014). "Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life". Chemical Reviews, 114(1), 285–366. https://doi.org/10.1021/cr2004844

[4] Pross, A. y Pascal, R. (2013). "The origin of life: what we know, what we can know and what we will never know". Open Biology, 3(3), 120190. https://doi.org/10.1098/rsob.120190

[5] Higgs, P. G. y Lehman, N. (2015). "The RNA World: molecular cooperation at the origins of life". Nature Reviews Genetics, 16, 7–17. https://doi.org/10.1038/nrg3841

[6] Nogal, N., Sanz-Sánchez, M., Vela-Gallego, S., Ruiz-Mirazo, K. y de la Escosura, A. (2023). "The protometabolic nature of prebiotic chemistry". Chemical Society Reviews, 52, 7359–7388. https://doi.org/10.1039/D3CS00594A

[7] Mix, L. J. (2026). "The Origin, Extension, and Future of the 'NASA Definition' of Life". Astrobiology, 26(1), 66–74. https://doi.org/10.1177/15311074251412317

CAPÍTULO II

La Célula y el Nacimiento de la Autorregulación

2.1. LA CÉLULA COMO SISTEMA DELIMITADO

La célula constituye la unidad básica de organización de los seres vivos conocidos. Su importancia no reside únicamente en los componentes que la forman, sino en la manera en que estos se encuentran integrados dentro de una estructura delimitada, capaz de intercambiar materia y energía con el entorno y de mantener procesos internos relacionados entre sí. La membrana celular establece una separación física entre el interior y el exterior, pero no constituye una barrera absolutamente cerrada. Su función consiste en regular determinados intercambios y contribuir a que las condiciones internas puedan mantenerse dentro de unos márgenes compatibles con la actividad del sistema. La vida celular depende, por tanto, de una relación dinámica entre delimitación, intercambio y organización [3, 8]

Esta frontera introduce una diferencia fundamental respecto de una mezcla química cuyos componentes se encuentran dispersos en un medio común. Cuando determinadas moléculas quedan reunidas dentro de un compartimento, sus interacciones pueden desarrollarse en condiciones diferentes de las que existirían si permanecieran libremente dispersas. La proximidad entre componentes, la concentración local de sustancias y la posibilidad de retener determinados productos pueden favorecer algunas reacciones y dificultar otras. El compartimento no crea por sí solo las propiedades de los componentes, pero modifica las condiciones en las que interactúan y, con ello, las posibilidades de organización del conjunto [3, 8].

La delimitación tampoco equivale a independencia. Una célula necesita obtener sustancias, transformar materia, disponer de energía y eliminar productos derivados de su actividad. Su continuidad depende de procesos que conectan el interior con el medio exterior. Si el intercambio se interrumpe o se altera de manera incompatible con sus necesidades, la organización celular puede deteriorarse y finalmente desaparecer. La membrana permite regular relaciones con el entorno, pero la persistencia del sistema depende de la integración entre esa frontera y los procesos que tienen lugar a través de ella y en su interior. La célula no permanece porque esté aislada, sino porque su organización hace posibles determinados intercambios y actividades coordinadas.

Esta relación entre frontera y funcionamiento resulta especialmente relevante cuando retrocedemos hacia las posibles etapas anteriores a las primeras células. Las membranas biológicas actuales poseen una complejidad que no debemos atribuir automáticamente a los sistemas precursores de la vida. Las investigaciones sobre protocélulas estudian, entre otras posibilidades, cómo moléculas anfifílicas —capaces de interactuar de manera diferente con el agua y con medios menos polares— pudieron autoensamblarse en vesículas y formar compartimentos sencillos. Estos modelos permiten investigar algunas condiciones físicas y químicas que pudieron favorecer la concentración de moléculas y la integración de procesos, aunque no demuestran por sí solos que la vida se originara exactamente de esa manera [8].

La aparición de un compartimento pudo ofrecer una ventaja organizativa: establecer una diferencia entre lo que quedaba dentro y lo que permanecía fuera. Sin embargo, esa diferencia no basta para constituir un organismo. Una vesícula puede formarse espontáneamente y encerrar sustancias sin disponer de un metabolismo integrado, de mecanismos de reproducción o de un sistema de información heredable. Por eso, la delimitación debe entenderse como una posible condición para determinadas formas de organización biológica, no como una explicación suficiente del origen de la vida. La investigación sobre protocélulas intenta precisamente comprender cómo pudieron relacionarse la compartimentación, las reacciones químicas y la transmisión de información hasta dar lugar a sistemas con capacidades evolutivas [6, 8].

La célula permite introducir así una cuestión central para el desarrollo de esta obra: la diferencia entre poseer una estructura y mantener activamente su organización. La membrana delimita el sistema, pero la continuidad celular exige procesos que compensen alteraciones, regulen intercambios y coordinen actividades internas. Una frontera física establece una condición espacial; la autorregulación supone algo más, pues requiere que los procesos del sistema contribuyan a conservar determinadas condiciones funcionales. La delimitación y la regulación están relacionadas, pero no son equivalentes y deben estudiarse por separado antes de explicar cómo se integran.

Desde la perspectiva de nuestra hipótesis, tampoco debemos interpretar la frontera celular como una primera manifestación de conciencia o de intención. La distinción entre interior y exterior es una propiedad organizativa, no una prueba de experiencia subjetiva. Su interés reside en que hace posible estudiar un sistema cuyas condiciones internas no se confunden por completo con las del entorno y cuyas transformaciones pueden analizarse como parte de una misma organización. Esta propiedad proporciona un punto de partida para investigar cómo ciertos procesos biológicos pudieron

adquirir continuidad, conservar información funcional y modificar sus respuestas ante cambios ambientales. La célula no representa, por tanto, el final de la explicación del origen de la vida, sino el sistema biológico desde el que podemos comenzar a estudiar con mayor precisión los mecanismos que sostienen la organización. Para avanzar será necesario examinar cómo se mantienen determinadas condiciones internas, qué procesos intervienen en su regulación y cuáles son los límites de esa capacidad. La siguiente cuestión no será simplemente cómo se delimita una célula, sino cómo consigue seguir funcionando a pesar de los cambios que experimenta. Ese será el objeto del apartado siguiente: el nacimiento de la autorregulación.

2.2 EL NACIMIENTO DE LA AUTORREGULACIÓN

La delimitación de una célula establece una diferencia entre su interior y el entorno, pero esa separación no garantiza por sí misma la continuidad de la organización biológica. Para mantenerse activa, una célula debe intercambiar sustancias, obtener y transformar energía, regular las concentraciones de determinados componentes y coordinar numerosos procesos químicos. La continuidad de su funcionamiento depende de que esas actividades se relacionen de manera compatible con las condiciones que necesita. La autorregulación puede entenderse, en este contexto, como el conjunto de procesos mediante los cuales un sistema contribuye a mantener o recuperar determinadas condiciones funcionales ante las variaciones que experimenta [9].

En las células actuales, esa regulación no depende de un único mecanismo. Distintas reacciones, moléculas y sistemas de señalización intervienen en el control de procesos como el equilibrio químico interno, el aprovechamiento de la energía y la respuesta ante alteraciones del entorno. Algunos mecanismos actúan mediante retroalimentación negativa: un cambio en una variable desencadena procesos que tienden a contrarrestarlo. Otros amortiguan las fluctuaciones gracias a las propiedades de determinados componentes o a la existencia de reservas que reducen el efecto inmediato de una perturbación. Estos mecanismos pueden actuar conjuntamente, aunque ninguno ofrece una estabilidad absoluta ni garantiza que la célula pueda recuperarse de cualquier alteración [9].

La autorregulación no significa, por tanto, que un organismo permanezca invariable. Una célula viva modifica continuamente su actividad, consume recursos, produce sustancias y responde a las condiciones que la rodean. Lo que se mantiene no es una composición material fija, sino una organización dinámica que permite la continuidad de determinados procesos. Esta diferencia resulta esencial: la permanencia de una estructura puede

depender de condiciones externas relativamente estables, mientras que la continuidad de un sistema vivo requiere actividades que contribuyan a conservar su funcionamiento a pesar de las transformaciones internas y ambientales.

Tampoco toda respuesta química que reduce una perturbación constituye, por sí sola, autorregulación biológica. En la materia pueden producirse equilibrios y procesos de compensación sin que exista un organismo. La regulación celular se caracteriza por la integración de mecanismos dentro de una organización biológica, en la que las consecuencias de determinados procesos influyen sobre otras actividades del sistema. Por ello, no basta con observar que una variable se estabiliza: debemos investigar qué mecanismos intervienen, cómo se relacionan y qué función desempeñan en la continuidad de la célula. Los estudios sobre homeostasis celular muestran que la estabilidad funcional puede depender de la interacción entre mecanismos diferentes, cada uno con capacidades y limitaciones específicas [9].

Esta distinción resulta especialmente importante al investigar el origen de la vida. No podemos suponer que las primeras formas de organización biológica poseyeran todos los mecanismos de regulación que encontramos en las células actuales. Es razonable estudiar si redes químicas más sencillas pudieron mantener procesos interdependientes y si algunas de esas relaciones contribuyeron a su persistencia. Sin embargo, reconstruir cómo aparecieron sistemas capaces de sostener su propia organización exige explicar qué procesos químicos los mantenían, de dónde obtenían los recursos necesarios y cómo podían resistir las perturbaciones del entorno. La investigación sobre redes de reacciones autosostenidas explora precisamente qué propiedades podrían haber contribuido a la persistencia y a la evolución de organizaciones químicas tempranas, sin que exista una reconstrucción definitiva del proceso histórico [10].

Desde esta perspectiva, la autorregulación no debe entenderse como una capacidad que surgió necesariamente de una sola vez. Cabe investigar si diferentes mecanismos de persistencia, compensación y coordinación se integraron progresivamente en sistemas de mayor complejidad. Esta posibilidad constituye una línea interpretativa que debe contrastarse con la investigación sobre el origen de la vida. No podemos afirmar que las primeras formas vivas siguieran una secuencia concreta de etapas reguladoras sin disponer de pruebas suficientes; sí podemos analizar qué funciones deben explicarse para comprender cómo un sistema material llega a mantener una organización biológica.

En el marco de nuestra hipótesis, esta cuestión conduce a un problema posterior: la relación entre autorregulación y conservación de información. Un

sistema puede responder a una alteración debido a sus propiedades químicas presentes, sin que eso implique que haya retenido información de una interacción anterior. Para hablar de una forma de conservación informativa con consecuencias funcionales, tendremos que determinar si un estado previo deja una huella persistente y si esa huella modifica la respuesta posterior del sistema. La regulación y la conservación de información pueden relacionarse, pero no son conceptos equivalentes y no debemos confundirlos antes de examinar sus mecanismos.

La autorregulación tampoco implica conciencia, voluntad o conocimiento de las condiciones que se mantienen. Las células actuales pueden detectar cambios moleculares y responder mediante procesos bioquímicos sin que debamos atribuirles una experiencia subjetiva. En esta etapa del libro, nuestro propósito no es identificar la regulación con una forma elemental de inteligencia, sino establecer qué capacidades biológicas permiten que un sistema conserve su funcionamiento y responda a variaciones del entorno. Cualquier relación posterior con la memoria, el instinto o la inteligencia deberá apoyarse en una definición precisa de esas capacidades.

El nacimiento de la autorregulación representa, así, un problema central en el recorrido que estamos reconstruyendo. Una organización biológica no se limita a ocupar un espacio o a conservar temporalmente una forma: necesita sostener procesos que hacen posible su continuidad. Comprender esa diferencia nos permitirá avanzar desde la célula como sistema delimitado hacia el estudio de la información que interviene en su funcionamiento. La siguiente cuestión será cómo se relacionan los procesos reguladores con la información biológica y qué podemos afirmar, con rigor, sobre esa relación sin anticipar todavía el concepto de prememoria que desarrollaremos en el capítulo III.

2.3 INFORMACIÓN Y REGULACIÓN

La autorregulación celular no puede comprenderse únicamente como una sucesión de reacciones químicas independientes. En las células actuales, numerosos procesos dependen de la información contenida en los ácidos nucleicos, de las señales moleculares que circulan entre sus componentes y de las condiciones internas que modifican la actividad de determinadas reacciones. Estos elementos intervienen de maneras diferentes, pero relacionados entre sí permiten coordinar procesos, responder a cambios y mantener determinadas funciones. La información adquiere así un papel central en la organización biológica, no como una entidad separada de la materia, sino como una propiedad funcional de sistemas materiales capaces de conservarla, transmitirla y utilizarla [9, 22].

La información genética constituye uno de los ejemplos más claros de esta relación. Las secuencias de ADN contienen instrucciones que intervienen en la producción de ARN y proteínas, aunque su efecto depende de los mecanismos celulares que permiten interpretar, copiar, regular y ejecutar esos procesos. Una secuencia no actúa por sí sola: su función está condicionada por la organización molecular de la célula, por las interacciones entre sus componentes y por las circunstancias en las que se expresa. Por eso, la relación entre información y funcionamiento no debe entenderse como una correspondencia automática entre un mensaje y un resultado, sino como un proceso biológico en el que intervienen múltiples niveles de regulación [22].

Además de la información hereditaria, las células utilizan señales que permiten coordinar respuestas. Una variación en la concentración de una sustancia, la presencia de una molécula señalizadora o un cambio en las condiciones del entorno pueden activar o inhibir determinadas rutas bioquímicas. La respuesta resultante depende de los mecanismos disponibles y del estado previo del sistema. En este sentido, la regulación no consiste simplemente en recibir una señal y producir siempre el mismo efecto: las condiciones internas y las interacciones entre componentes pueden modificar la manera en que esa señal influye sobre la actividad celular [9].

Esta relación permite distinguir entre tres aspectos que a menudo se agrupan bajo la palabra información. El primero es la información hereditaria, conservada en estructuras moleculares que pueden copiarse y transmitirse. El segundo corresponde a las señales que intervienen en la coordinación de procesos y que influyen en la actividad de otros componentes. El tercero comprende los estados materiales del sistema que condicionan sus respuestas, como la concentración de determinadas moléculas o la actividad de ciertas rutas metabólicas. Estos aspectos pueden interactuar, pero no son equivalentes: una señal puede modificar temporalmente el funcionamiento celular sin convertirse en información hereditaria, y un estado interno puede influir sobre una respuesta sin que eso demuestre que exista un mecanismo de memoria.

La regulación celular permite observar cómo la información funcional se relaciona con la continuidad de una organización. Algunos mecanismos detectan cambios y desencadenan respuestas compensatorias; otros modifican la actividad de genes, enzimas o rutas metabólicas. La retroalimentación puede contribuir a estabilizar ciertas variables o ajustar el comportamiento del sistema a las circunstancias. Sin embargo, esos mecanismos no eliminan la incertidumbre ni garantizan una respuesta óptima. La regulación tiene límites, depende de los recursos disponibles y

puede fallar cuando las condiciones superan la capacidad de adaptación del organismo [9].
Si retrocedemos hacia las primeras etapas de la vida, la relación entre información y regulación se convierte en uno de los problemas más importantes del origen biológico. Las células actuales dependen de sistemas complejos que relacionan material genético, ARN, proteínas y redes metabólicas. No debemos suponer que esas relaciones existieron desde el principio con su organización presente. La hipótesis del mundo de ARN explora la posibilidad de que moléculas capaces de conservar secuencias y catalizar determinadas reacciones desempeñaran funciones tempranas en la evolución, antes de que se establecieran los sistemas celulares actuales. Aunque esta propuesta cuenta con fundamentos experimentales relevantes, siguen abiertas cuestiones esenciales sobre el origen de las moléculas necesarias, su replicación y la integración de sus funciones en sistemas evolutivos [5].

En el marco de esta obra, el punto decisivo no es afirmar que la información apareció de una sola vez ni atribuirle una finalidad previa. Se trata de investigar cómo determinadas estructuras y procesos pudieron contribuir a que una organización material conservara diferencias funcionalmente relevantes y las utilizara en su actividad posterior. Para estudiar esa posibilidad debemos precisar qué se conserva, mediante qué mecanismo y qué consecuencias tiene para el sistema. Una secuencia hereditaria, una señal transitoria y un estado metabólico persistente pueden influir en la conducta celular, pero lo hacen por vías diferentes y deben analizarse de acuerdo con sus propiedades específicas.

Esta distinción prepara una pregunta que adquirirá mayor importancia en el capítulo III. ¿Qué ocurre cuando una interacción no solo produce una respuesta inmediata, sino que deja una modificación persistente capaz de influir en respuestas posteriores? La pregunta no presupone que exista memoria en sentido psicológico ni que cualquier cambio químico constituya una forma de recuerdo. Busca identificar mecanismos mediante los cuales la historia reciente de un sistema puede modificar su funcionamiento posterior. Para valorar esa posibilidad habrá que distinguir entre la persistencia física de un estado, la conservación de información y el efecto funcional que dicha conservación pueda ejercer.

La información y la regulación constituyen, por tanto, dos dimensiones estrechamente relacionadas de la organización biológica. La información puede condicionar los procesos disponibles y las señales pueden modificar su actividad; a su vez, los estados internos resultantes influyen en las respuestas posteriores. Esta relación ayuda a comprender cómo los organismos mantienen una organización dinámica, pero no permite concluir

por sí sola que posean memoria, instinto o inteligencia. Esas capacidades requieren un análisis adicional que permita identificar los mecanismos y las propiedades específicas que las caracterizan.

El siguiente paso será examinar una cuestión complementaria: cómo puede mantenerse una organización biológica sin que sus componentes permanezcan invariables. La célula cambia continuamente, pero conserva ciertas relaciones y funciones. Comprender esa continuidad a través del cambio nos permitirá profundizar en la autorregulación y establecer una base más precisa para investigar, en el capítulo III, la persistencia de estados y sus posibles consecuencias funcionales.

2.4 MANTENERSE SIN PERMANECER INMÓVIL

Un organismo vivo no conserva su existencia manteniendo intactos todos sus componentes, sino mediante procesos que permiten renovar la materia, obtener energía y sostener una organización funcional. En una célula, numerosas moléculas se producen, se transforman y se degradan; las sustancias atraviesan la membrana, las reacciones metabólicas modifican la composición interna y los mecanismos reguladores ajustan la actividad a las condiciones cambiantes. La continuidad del sistema depende de que esos procesos permanezcan suficientemente coordinados, no de que cada uno de sus elementos conserve indefinidamente su estado. La vida implica, por tanto, una forma de persistencia basada en la transformación [9, 11].

Esta característica se comprende mejor si consideramos a la célula como un sistema abierto. La materia y la energía que necesita no proceden exclusivamente de sus reservas internas: dependen de intercambios con el entorno y de procesos que transforman los recursos disponibles en componentes y actividades celulares. La organización biológica se mantiene mientras esos intercambios y transformaciones permitan sostener las funciones esenciales del sistema. Si las condiciones cambian más allá de sus márgenes de regulación, o si los recursos necesarios dejan de estar disponibles, la continuidad puede verse comprometida. Mantenerse no significa escapar de las condiciones físicas, sino desarrollar procesos compatibles con ellas que hagan posible la persistencia temporal de la organización [11].

La estabilidad de un organismo es, por ello, dinámica. Algunas variables internas deben permanecer dentro de determinados márgenes, pero los mecanismos que las mantienen pueden cambiar continuamente su actividad. Una concentración puede estabilizarse mediante la producción, transformación o eliminación de sustancias; una alteración puede activar respuestas que compensen parcialmente sus efectos; una ruta metabólica puede ajustar

su funcionamiento según la disponibilidad de recursos. La estabilidad observable es el resultado de procesos activos, no la ausencia de transformación. Este principio es fundamental para comprender la homeostasis y su relación con la regulación celular [9, 11].

Conviene distinguir, no obstante, entre la continuidad de una organización y la permanencia de una forma concreta. Una estructura puede conservar temporalmente su aspecto porque las condiciones que la sostienen apenas varían. Un organismo, en cambio, atraviesa cambios que afectan a su composición y a su funcionamiento, aunque siga siendo reconocible como una unidad biológica. La continuidad celular no exige que todas sus moléculas sean las mismas en todo momento; exige que los procesos de renovación y regulación mantengan una organización compatible con la vida. Esto no significa que la identidad biológica pueda reducirse a una sola propiedad, sino que debe estudiarse a través de la continuidad integrada de múltiples procesos.

Esta forma de persistencia tiene también límites. Los mecanismos reguladores no compensan cualquier perturbación, ni todas las transformaciones son reversibles. Una alteración puede superar la capacidad de respuesta del sistema, deteriorar procesos esenciales o interrumpir las relaciones que sostienen su funcionamiento. La vida no constituye una estabilidad perfecta, sino una organización vulnerable que depende de condiciones materiales concretas. Los modelos de redes químicas autosostenidas investigan cómo la resistencia frente a perturbaciones puede depender de mecanismos como la retroalimentación, la disponibilidad de recursos alternativos y la existencia de distintas rutas capaces de sostener una función [10]. Estos modelos ayudan a explorar principios generales de persistencia, aunque no deben confundirse con una reconstrucción definitiva de las primeras formas vivas.

La idea de mantenerse mediante el cambio plantea una cuestión importante para el argumento de esta obra: ¿qué es lo que persiste cuando los componentes se renuevan? No basta con señalar que la materia se transforma, porque esa transformación también ocurre en sistemas no vivos. En un organismo, lo relevante es que determinados procesos se encuentran relacionados de tal manera que la renovación de sus componentes contribuye a conservar la organización del conjunto. La continuidad no reside necesariamente en la permanencia de cada elemento, sino en las relaciones y actividades que hacen posible que el sistema siga funcionando.

Esta distinción nos aproxima al problema de la información. Un sistema puede conservar su organización mediante mecanismos reguladores sin que cada respuesta dependa de una huella persistente de interacciones anteriores. Para estudiar esa segunda posibilidad debemos investigar si

determinados estados dejan efectos duraderos y si esos efectos modifican el funcionamiento posterior. La continuidad funcional y la conservación de información pueden relacionarse, pero no son equivalentes: la primera describe la persistencia de una organización; la segunda exige identificar qué se conserva y cómo influye en procesos posteriores.

Desde nuestra perspectiva, esta cuestión abre una vía de investigación que deberá desarrollarse con cautela. Si una organización biológica puede mantenerse gracias a procesos coordinados y si determinados estados internos influyen en su actividad, resulta pertinente preguntar cómo se establecen y conservan esas relaciones. Sin embargo, no debemos llamar memoria a toda persistencia ni atribuir capacidad de aprendizaje a cualquier mecanismo de regulación. Para justificar esos conceptos será necesario establecer criterios que permitan distinguir una respuesta condicionada por el estado presente de otra influida por una modificación persistente derivada de interacciones anteriores.

La continuidad de la vida, entendida de este modo, no es inmovilidad, sino renovación organizada. Esta idea permite cerrar el recorrido de los apartados anteriores: la célula está delimitada, regula sus procesos, utiliza información y conserva su funcionamiento mediante transformaciones continuas. El siguiente paso será examinar qué límites presenta esa capacidad de mantenerse y qué ocurre cuando las condiciones necesarias para la continuidad dejan de cumplirse. Ese análisis nos permitirá completar el capítulo antes de pasar al estudio de la prememoria, donde la cuestión ya no será únicamente cómo persiste un sistema, sino cómo su historia puede influir en su comportamiento posterior.

2.5 LOS LÍMITES DE LA ESTABILIDAD BIOLÓGICA

La capacidad de un organismo para mantener su organización no es ilimitada. Aunque los sistemas vivos disponen de mecanismos que regulan sus condiciones internas, responden a las variaciones del entorno y compensan determinadas alteraciones, su continuidad depende de que esos mecanismos puedan operar dentro de unos márgenes compatibles con la vida. La autorregulación no elimina la vulnerabilidad: permite afrontarla, pero no garantiza que cualquier perturbación pueda ser corregida ni que toda condición adversa pueda ser superada.

La estabilidad biológica debe entenderse, por tanto, como una condición dinámica y limitada. Un organismo puede conservar determinadas variables dentro de intervalos funcionales mientras experimenta cambios continuos en su composición, en sus intercambios energéticos y en sus relaciones con el

entorno. Sin embargo, cuando una alteración supera la capacidad de compensación del sistema, los mecanismos reguladores pueden resultar insuficientes. La pérdida de determinadas condiciones internas puede comprometer el funcionamiento celular y, si el deterioro es suficientemente intenso o prolongado, conducir a daños irreversibles. La homeostasis describe precisamente la regulación de condiciones internas dentro de márgenes funcionales; no equivale a una estabilidad absoluta ni implica que el organismo permanezca ajeno a las transformaciones externas [9].

Esta limitación permite comprender una característica fundamental de la vida: mantenerse exige actividad, pero la actividad también tiene costes y depende de recursos y condiciones concretas. Las células necesitan energía y materia para sostener sus procesos, renovar componentes y conservar las funciones de sus estructuras. Los sistemas biológicos, además, están sujetos a fluctuaciones, errores, daños moleculares y cambios ambientales que no siempre pueden compensar. La capacidad de mantener una organización depende tanto de los mecanismos internos como de las condiciones en las que estos operan. Por ello, la estabilidad de un sistema vivo no puede explicarse atendiendo únicamente a sus componentes; también es necesario considerar las relaciones que permiten su funcionamiento y los límites dentro de los cuales esas relaciones siguen siendo viables [9, 10, 11].

Conviene distinguir aquí entre estabilidad, equilibrio y adaptación. En sentido general, la estabilidad hace referencia a la capacidad de un sistema para conservar determinadas propiedades o recuperar un funcionamiento compatible con su organización después de una perturbación. El equilibrio, por su parte, designa una condición en la que ciertas variables o procesos no presentan cambios netos, aunque su significado depende del contexto físico o biológico considerado. Los organismos vivos, como sistemas abiertos, mantienen su organización mediante intercambios continuos de materia y energía y permanecen alejados del equilibrio termodinámico. La adaptación comprende cambios que favorecen la persistencia o la reproducción en determinadas condiciones, pero no debe confundirse con la respuesta reguladora inmediata de una célula ni con una capacidad consciente de modificar su conducta. Son fenómenos relacionados, pero no equivalentes.

La autorregulación tampoco debe interpretarse como una propiedad que actúa siempre de forma coordinada, eficaz o favorable. Los mecanismos de regulación pueden entrar en conflicto, responder con retraso o producir efectos insuficientes ante una alteración. En ocasiones, una respuesta útil para afrontar una perturbación inmediata puede generar costes posteriores. Asimismo, una condición que resulta compatible con la supervivencia en un entorno puede convertirse en una limitación cuando ese entorno cambia. La organización biológica no representa, por tanto, una solución definitiva a los

problemas de la existencia, sino una configuración capaz de mantenerse durante cierto tiempo bajo determinadas condiciones. Su persistencia depende de relaciones funcionales que pueden deteriorarse, modificarse o dejar de ser suficientes [9, 10].

Desde esta perspectiva, la continuidad de la vida no debe confundirse con la conservación indefinida de un organismo concreto. Las células y los organismos individuales tienen una duración limitada, mientras que determinadas formas de organización biológica pueden prolongarse mediante procesos como la reproducción y la transmisión hereditaria. La persistencia de la vida a lo largo de la evolución no significa que cada organismo permanezca, sino que ciertas organizaciones y capacidades pueden conservarse, modificarse y transmitirse a través de generaciones. Esta continuidad histórica constituye un fenómeno distinto de la estabilidad fisiológica de una célula individual, aunque ambos niveles estén relacionados.

La regulación biológica plantea, además, una cuestión relevante para el desarrollo de esta obra: ¿qué permanece cuando un sistema cambia? La respuesta no puede reducirse a la conservación de la materia que lo compone, puesto que muchos de sus componentes se renuevan; tampoco basta con señalar que mantiene ciertas condiciones internas, porque esas condiciones pueden variar dentro de los límites compatibles con su funcionamiento. Lo que persiste es, en buena medida, una organización de relaciones y procesos que permite al sistema continuar operando. Esta formulación no presupone que la célula posea memoria en el sentido psicológico del término. Señala únicamente que su continuidad depende de mecanismos materiales y dinámicos cuya existencia y funcionamiento pueden estudiarse científicamente.

Llegados a este punto, conviene mantener una separación conceptual que será decisiva en el capítulo siguiente. La estabilidad describe la conservación de determinadas condiciones o relaciones funcionales; la autorregulación comprende los procesos que contribuyen a mantenerlas; y la información biológica interviene en la coordinación de numerosos procesos celulares. Ninguno de estos conceptos demuestra, por sí solo, la existencia de una memoria primitiva. Para plantear esa posibilidad será necesario examinar si determinados estados producidos por interacciones anteriores pueden persistir e influir en respuestas posteriores, y distinguir ese fenómeno de la simple continuidad material o del funcionamiento ordinario de los mecanismos reguladores.

El recorrido de este capítulo permite establecer así una base para el paso siguiente. La célula constituye una unidad delimitada, regula parte de sus

procesos, utiliza información y mantiene su organización mediante intercambios y transformaciones continuas. Pero esa continuidad tiene límites: depende de condiciones concretas y puede verse comprometida cuando las perturbaciones superan la capacidad del sistema para responder. La cuestión que se abre ahora no es únicamente cómo logra mantenerse una organización biológica, sino si su historia puede dejar una huella funcional que influya en lo que ocurra después. Esa pregunta conduce al concepto de prememoria, que abordaremos en el capítulo III como una propuesta interpretativa que deberá definirse con precisión y contrastarse con los conocimientos científicos existentes.

Referencias al segundo capítulo:

[3] Ruiz-Mirazo, K., Briones, C. y de la Escosura, A. (2014). "Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life". Chemical Reviews, 114(1), 285–366. https://doi.org/10.1021/cr2004844

[5] Higgs, P. G. y Lehman, N. (2015). "The RNA World: molecular cooperation at the origins of life". Nature Reviews Genetics, 16, 7–17. https://doi.org/10.1038/nrg3841

[6] Nogal, N., Sanz-Sánchez, M., Vela-Gallego, S., Ruiz-Mirazo, K. y de la Escosura, A. (2023). "The protometabolic nature of prebiotic chemistry". Chemical Society Reviews, 52, 7359–7388. https://doi.org/10.1039/D3CS00594A

[8] Deamer, D. (2024). "Perspective: Protocells and the Path to Minimal Life". Journal of Molecular Evolution, 92(5), 530–538. https://doi.org/10.1007/s00239-024-10197-6

[9] Hancock, E. J., Ang, J., Papachristodoulou, A. y Stan, G.-B. (2017). "The Interplay between Feedback and Buffering in Cellular Homeostasis". Cell Systems, 5(5), 498–508.e23. https://doi.org/10.1016/j.cels.2017.09.013

[10] Heylighen, F., Beigi, S. y Busseniers, E. (2022). "The role of self-maintaining resilient reaction networks in the origin and evolution of life". BioSystems, 219, 104720. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2022.104720

[11] Mizraji, E. (2024). "Homeostasis and information processing: The key frames for the thermodynamics of biological systems". BioSystems, 236, 105115. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.105115

[22] Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Walter, P. (2002). Molecular Biology of the Cell. 4.ª edición. Nueva York: Garland Science. Capítulos 6, «How Cells Read the Genome: From DNA to Protein», y 7, «Control of Gene Expression».

CAPÍTULO III

La Prememoria:
Cuando el Pasado Comienza a Influir Sobre el Futuro

3.1. LA PERSISTENCIA DE LOS ESTADOS DEL SISTEMA

Todo sistema material presenta estados que pueden mantenerse durante un intervalo de tiempo, transformarse o desaparecer como consecuencia de las interacciones que experimenta. En los sistemas biológicos, esta persistencia adquiere especial relevancia porque la continuidad de la organización depende de procesos que permiten conservar determinadas condiciones funcionales mientras el propio sistema intercambia materia y energía con su entorno. Sin embargo, que un estado persista no significa necesariamente que exista un mecanismo de memoria. Para comprender esta diferencia, es preciso examinar primero cómo una condición presente puede mantenerse y qué consecuencias puede tener para la evolución posterior del sistema.

En una célula, el estado funcional no depende de un único componente aislado, sino de una red de relaciones entre moléculas, estructuras y procesos reguladores. La actividad de determinadas proteínas, la concentración de ciertas sustancias, las condiciones del medio interno y las interacciones entre distintas rutas metabólicas contribuyen a configurar un estado que puede mantenerse durante cierto tiempo. Esta persistencia no exige que todos los elementos permanezcan invariables: puede conservarse una organización funcional mientras sus componentes se renuevan o sus magnitudes experimentan fluctuaciones. La continuidad corresponde, en estos casos, a la conservación de determinadas relaciones dinámicas, no a la inmovilidad de la materia.

La persistencia de un estado puede depender de mecanismos diversos. En algunos casos, una condición se mantiene mientras continúa presente el estímulo que la produce. En otros, las interacciones internas del sistema contribuyen a sostenerla incluso cuando el estímulo inicial disminuye o desaparece. Las redes de regulación celular pueden presentar circuitos de retroalimentación y otros mecanismos capaces de estabilizar determinados estados funcionales. En determinadas circunstancias, la historia previa del sistema influye en la respuesta que presenta ante una condición posterior. Estos fenómenos se estudian, entre otros ámbitos, en la investigación sobre la regulación génica, la plasticidad celular y la memoria epigenética [9, 12, 14].

La diferencia entre mantener un estado y conservar la influencia de una condición pasada resulta fundamental. Si una célula responde a un estímulo mientras este permanece presente, su comportamiento puede explicarse por la interacción actual entre el estímulo y los mecanismos celulares. Si, por el contrario, algunos efectos de ese estímulo persisten después de que haya desaparecido, será necesario investigar qué mecanismos sostienen esa continuidad. La persistencia podría depender de modificaciones moleculares duraderas, de circuitos de regulación que mantienen su actividad o de cambios en la organización funcional del sistema. No todos esos procesos son equivalentes, y su identificación requiere estudiar las condiciones específicas en las que aparecen.

La biología contemporánea ofrece ejemplos de estados celulares que pueden mantenerse durante periodos prolongados y, en determinados casos, transmitirse a las células descendientes. La regulación epigenética, por ejemplo, puede contribuir a conservar patrones de expresión génica sin modificar la secuencia del ADN. Estos mecanismos participan en el mantenimiento de la identidad celular y en otros procesos biológicos, aunque su estabilidad y su transmisión dependen del organismo, del tipo celular y de las circunstancias consideradas. La investigación también muestra que determinados estados pueden modificarse o perderse, por lo que su persistencia no debe interpretarse como permanencia absoluta [12].

Estos conocimientos permiten establecer una distinción necesaria para el desarrollo de esta obra. La persistencia de un estado describe una continuidad observable; la conservación de información implica que alguna característica del sistema mantiene una relación funcional con las condiciones o los acontecimientos que la produjeron; y la memoria, en un sentido biológico definido, requiere precisar qué se conserva, mediante qué mecanismo, durante cuánto tiempo y de qué forma esa conservación afecta al comportamiento posterior. La proximidad entre estos conceptos no autoriza a utilizarlos como sinónimos. Un estado puede persistir sin que se haya demostrado que almacena información relevante sobre una interacción anterior, del mismo modo que una modificación material no constituye automáticamente una forma de memoria.

A partir de esta distinción puede formularse una pregunta central: ¿en qué momento la persistencia de un estado deja de ser únicamente una propiedad de la organización material y empieza a desempeñar una función en la respuesta posterior del sistema? No existe una respuesta única que pueda aplicarse indiscriminadamente a todos los fenómenos biológicos. La cuestión exige analizar cada caso, determinar si una condición previa deja efectos detectables y comprobar si esos efectos modifican la respuesta ante una situación posterior. En los sistemas celulares, este tipo de relación entre

historia y comportamiento puede investigarse mediante mecanismos concretos de regulación y mantenimiento de estados. La existencia de esos fenómenos, sin embargo, no demuestra por sí sola que todos los sistemas vivos posean una capacidad general de memoria ni que exista una secuencia evolutiva simple desde la persistencia material hasta las formas complejas de memoria conocidas en los organismos actuales.

En el marco de esta obra, la prememoria se plantea como un concepto hipotético para explorar un posible nivel precursor: la persistencia de condiciones o modificaciones que, originadas en interacciones anteriores, puedan influir en el funcionamiento posterior de una organización biológica. Esta propuesta no pretende sustituir los conceptos científicos ya existentes ni atribuir a las primeras formas de vida una capacidad cognitiva que no se haya demostrado. Su utilidad dependerá de que permita formular preguntas precisas, distinguir fenómenos diferentes y establecer criterios para determinar qué procesos conocidos podrían guardar relación con la idea que se propone.

Por tanto, el punto de partida no es afirmar que toda persistencia constituye memoria, sino reconocer que la historia material de un sistema puede resultar relevante para comprender su estado presente. La organización biológica no se desarrolla siempre como si cada instante comenzara desde cero: algunas condiciones se mantienen, ciertas modificaciones perduran y determinadas respuestas pueden depender de procesos anteriores. La cuestión que debe examinarse a continuación es cómo una interacción deja una huella que sobrevive a la situación que la produjo y bajo qué condiciones esa huella conserva relevancia funcional. Ese será el objeto del apartado 3.2, dedicado a la huella de las interacciones anteriores.

3.2. LA HUELLA DE LAS INTERACCIONES ANTERIORES

Cuando un sistema interactúa con su entorno, esa interacción puede producir modificaciones que no desaparecen necesariamente al cesar el estímulo que las originó. Algunas son transitorias y se extinguen cuando cambian las condiciones; otras persisten durante un periodo más prolongado y pueden alterar el estado posterior del sistema. En los organismos vivos, esta posibilidad resulta especialmente relevante porque las interacciones con el entorno no solo desencadenan respuestas inmediatas, sino que, en determinadas circunstancias, pueden modificar las condiciones desde las que se producirán respuestas futuras.

Una huella, en el sentido empleado aquí, es una modificación material o funcional que permanece después de la interacción que la produjo. No se trata de una huella necesariamente visible ni de una representación simbólica

del acontecimiento anterior. Puede consistir en una variación en la concentración de una sustancia, una modificación de la actividad de determinadas moléculas, un cambio en la regulación de ciertos genes o una alteración persistente de las relaciones entre componentes de un sistema. Lo esencial es que una condición posterior no sea exactamente igual a la que habría existido si la interacción previa no hubiera tenido lugar. Esta definición describe una posibilidad general y no implica que toda modificación persistente desempeñe una función biológica específica.

En una célula, la aparición de una huella puede explicarse mediante mecanismos conocidos. Una interacción puede activar una ruta de señalización, modificar la actividad de ciertas proteínas o alterar la expresión de determinados genes. Aunque el estímulo inicial desaparezca, algunos de sus efectos pueden mantenerse debido a la estabilidad de las moléculas implicadas, a la continuidad de determinados procesos reguladores o a modificaciones que persisten durante varios ciclos celulares. La duración y las consecuencias de estos efectos dependen del mecanismo concreto: una señal puede desaparecer rápidamente, mientras que otras modificaciones pueden mantenerse durante más tiempo o transmitirse a las células descendientes.

La regulación epigenética constituye un ejemplo relevante. Algunas modificaciones asociadas al ADN y a la organización de la cromatina pueden contribuir a mantener determinados patrones de expresión génica sin cambiar la secuencia del ADN. En ciertos contextos, estos estados persisten durante divisiones celulares y participan en el mantenimiento de la identidad funcional de las células. Su conservación, no obstante, no es absoluta: existen mecanismos que establecen, mantienen o eliminan estas modificaciones, y sus efectos dependen del contexto biológico [12]. Este ejemplo permite observar cómo una condición previa puede dejar consecuencias duraderas, pero no autoriza a interpretar toda modificación epigenética como un registro completo de una experiencia.

También se han estudiado respuestas de microorganismos que dependen de las condiciones experimentadas anteriormente. En algunos casos, una exposición previa modifica la velocidad o la intensidad con la que una célula responde cuando vuelve a encontrarse con determinadas condiciones ambientales. Parte de estos efectos puede estar relacionada con estados regulatorios, proteínas o metabolitos que persisten después de la exposición inicial; en ciertas circunstancias, la influencia de esa historia puede prolongarse en células descendientes. La investigación sobre el comportamiento microbiano dependiente de la historia muestra que estos fenómenos pueden surgir por mecanismos diversos y que su alcance debe establecerse caso por caso [13].

Estos ejemplos introducen una distinción importante entre la persistencia de una huella y su capacidad para influir en una respuesta posterior. Una modificación puede permanecer sin producir un efecto funcional apreciable en todas las circunstancias. Para que resulte relevante en el comportamiento posterior del sistema, deben existir relaciones entre esa modificación y los procesos que determinan su respuesta. La huella no necesita actuar de forma aislada: puede integrarse en una red de interacciones y adquirir relevancia únicamente cuando se presentan determinadas condiciones. Por ello, la relación entre una modificación anterior y una respuesta posterior debe investigarse atendiendo tanto al mecanismo que conserva la modificación como a las condiciones que permiten que esta influya en el funcionamiento del sistema.

Esta relación plantea una cuestión central para el argumento del libro: ¿cuándo puede decirse que una huella conserva información sobre una interacción anterior? En un sentido amplio, una modificación puede considerarse informativamente relevante cuando mantiene una diferencia que depende de la historia del sistema y esa diferencia puede afectar a su comportamiento posterior. Sin embargo, esta formulación requiere cautela. No basta con que una modificación tenga una causa pasada; es necesario determinar qué información conserva, si esa información resulta accesible a los procesos del sistema y qué consecuencias produce. De lo contrario, el concepto de información podría extenderse hasta abarcar cualquier cambio material, perdiendo su capacidad para distinguir fenómenos diferentes.

La huella tampoco debe confundirse con una representación consciente del pasado. En los ejemplos celulares considerados, no es necesario suponer que el sistema reconoce el acontecimiento anterior ni que conserva una imagen de él. La influencia del pasado puede explicarse mediante la continuidad de estados materiales y mecanismos de regulación. La palabra memoria, cuando se aplica a estos procesos en la literatura científica, designa fenómenos distintos de la memoria autobiográfica o de la evocación consciente humana. Precisamente por ello, la investigación sobre memoria celular debe especificar qué mecanismo se conserva, durante cuánto tiempo y cómo modifica las respuestas posteriores [13].

Dentro del marco conceptual de esta obra, estas observaciones permiten precisar el lugar que podría ocupar la prememoria. El término se propone para explorar la persistencia de modificaciones derivadas de interacciones anteriores que puedan influir en la organización o el funcionamiento posterior de un sistema biológico. No designa una facultad cognitiva demostrada ni pretende sustituir las categorías científicas que ya describen mecanismos concretos. Su utilidad dependerá de que permita estudiar una posible continuidad funcional entre la persistencia de estados, la conservación de efectos de interacciones anteriores y las formas más definidas de comportamiento dependiente de la historia.

Esta propuesta exige mantener abierta una cuestión que no puede resolverse únicamente mediante ejemplos de células actuales: la existencia de mecanismos de persistencia en organismos contemporáneos no demuestra que esos mismos mecanismos estuvieran presentes, en idéntica forma, en las primeras organizaciones biológicas. La reconstrucción de su origen requiere evidencias específicas y modelos capaces de explicar cómo pudieron surgir y mantenerse esos procesos. La prememoria debe funcionar, por tanto, como una herramienta de investigación conceptual, no como una afirmación retrospectiva sobre etapas primitivas de la vida cuya naturaleza todavía no conocemos con suficiente precisión.

La conclusión provisional es que una interacción no siempre termina cuando desaparece el estímulo que la desencadenó. En determinadas condiciones, puede dejar una modificación persistente que altere el estado desde el cual el sistema afrontará interacciones posteriores. Esta continuidad entre pasado y presente constituye un punto de partida para investigar cómo se conserva y utiliza la información en los sistemas biológicos. El siguiente apartado abordará una cuestión más específica: qué ocurre cuando determinadas respuestas se repiten y de qué manera la repetición puede contribuir a conservar información funcional, sin confundir la regularidad de un proceso con la existencia automática de memoria.

3.3. REPETICIÓN FUNCIONAL Y CONSERVACIÓN DE INFORMACIÓN

La repetición constituye uno de los fenómenos que permiten examinar la relación entre la persistencia de los estados y la influencia de las interacciones anteriores. En los sistemas biológicos, determinadas respuestas pueden producirse reiteradamente cuando concurren condiciones semejantes. Sin embargo, esta regularidad no implica necesariamente que el sistema conserve información sobre sus experiencias anteriores. Una respuesta puede repetirse porque las condiciones presentes activan de nuevo los mismos mecanismos, sin que exista una modificación duradera atribuible a una interacción previa. Para identificar una posible continuidad entre pasado y presente es necesario determinar qué permanece, cómo se mantiene y si influye de manera efectiva en las respuestas posteriores.

En una primera situación, un estímulo desencadena una respuesta que cesa cuando desaparece la condición que la provoca. Si el mismo estímulo vuelve a presentarse, el sistema puede producir una respuesta semejante mediante los mismos mecanismos. La repetición observada sería compatible, en este caso, con una relación estable entre el estímulo y la respuesta, sin que fuera necesario suponer que la primera interacción dejó una huella funcional duradera. En una segunda situación, por el contrario, la exposición inicial

modifica el estado del sistema y esa modificación altera la respuesta que se produce cuando vuelve a presentarse el estímulo. La diferencia entre ambos casos no reside en que la respuesta se repita, sino en que la historia previa contribuya a explicar el comportamiento actual.

Esta distinción tiene especial importancia en los sistemas celulares. Las redes de regulación formadas por genes, proteínas y otras moléculas pueden presentar dinámicas capaces de conservar determinados estados o de modificar la respuesta ante una nueva señal. Los circuitos de retroalimentación positiva y negativa, así como determinadas configuraciones de regulación anticipatoria, pueden contribuir a que una célula mantenga o modifique su respuesta según las condiciones anteriores. Algunos de estos mecanismos se han estudiado como formas de memoria celular, porque permiten que la historia de las señales recibidas influya en respuestas posteriores [14]. La denominación no implica conciencia ni recuerdo subjetivo: describe relaciones funcionales sustentadas en procesos materiales identificables.

La repetición de una condición puede tener, por tanto, resultados diferentes. El sistema puede responder de manera semejante cada vez que aparece un estímulo, responder con mayor rapidez después de una exposición anterior, mostrar una respuesta reducida o mantener un estado que condiciona su comportamiento posterior. Estos resultados no deben agruparse bajo una única explicación. Según el caso, pueden intervenir la persistencia de moléculas, cambios en la regulación de los genes, modificaciones del estado metabólico o la dinámica de redes moleculares. Para determinar si existe una relación funcional entre una experiencia anterior y una respuesta posterior, es preciso identificar el mecanismo correspondiente y descartar, en la medida de lo posible, otras explicaciones.

La investigación sobre microorganismos ofrece ejemplos útiles para comprender esta diversidad. Se han observado bacterias cuyo comportamiento posterior depende de las condiciones experimentadas previamente, incluso cuando las células se encuentran después ante un mismo estímulo. La historia de cada célula puede influir en procesos como la activación de determinadas respuestas, la decisión entre estados fisiológicos diferentes o la capacidad de afrontar una nueva perturbación. En algunos casos, parte de esa influencia puede relacionarse con la persistencia o transmisión de componentes moleculares; en otros, intervienen cambios genéticos, epigenéticos o diferencias en la composición de las poblaciones. La investigación sobre memoria bacteriana estudia precisamente estos fenómenos y reconoce que sus mecanismos y su alcance varían según el sistema analizado [13].

La repetición también puede contribuir a la conservación de información cuando una respuesta funcional se mantiene a través de múltiples interacciones. No obstante, debe evitarse interpretar este proceso como si el sistema almacenara necesariamente una copia de cada acontecimiento. La conservación puede consistir en mantener una modificación que condicione las respuestas futuras, sin representar de manera detallada el estímulo original. En este sentido, la información relevante puede residir en el estado del propio sistema y en las relaciones que ese estado establece con sus mecanismos de regulación. La pregunta científica no consiste únicamente en determinar si algo permanece, sino en averiguar si esa persistencia permite distinguir historias diferentes y si dicha diferencia afecta a lo que el sistema hará después.

Conviene separar, además, la repetición de una respuesta de su estabilización evolutiva. Una respuesta puede repetirse durante la vida de un organismo debido a mecanismos de regulación, a cambios fisiológicos o a la persistencia de ciertos estados. Otra cuestión distinta es que determinadas respuestas heredables se conserven a través de generaciones por procesos evolutivos. En este último caso, la selección natural puede favorecer variantes genéticas que contribuyan al éxito reproductivo en unas condiciones determinadas. La semejanza entre una respuesta que se repite durante la vida de una célula y una característica que se transmite a través de generaciones no debe ocultar que se trata de procesos diferentes, aunque puedan relacionarse en algunos contextos biológicos.

Desde la perspectiva de esta obra, lo importante es que la repetición funcional permite formular una pregunta más precisa que la simple constatación de la persistencia: ¿puede un sistema conservar una modificación de tal manera que esa modificación influya en sus respuestas posteriores? Cuando la respuesta es afirmativa y existe evidencia del mecanismo implicado, resulta posible hablar de una relación funcional entre la historia del sistema y su estado presente. Esa relación puede estudiarse sin atribuir al sistema una capacidad consciente ni suponer que todos los mecanismos que la producen constituyen una misma clase de memoria.

La propuesta de la prememoria debe situarse en este punto con especial prudencia. Podría utilizarse como una categoría interpretativa para examinar formas elementales de persistencia funcional que antecedan, en un marco hipotético, a capacidades de memoria más complejas. Pero no basta con observar que una respuesta se repite o que una modificación perdura para afirmar que se ha identificado una prememoria. Sería necesario precisar qué características definen esa categoría, cómo se diferencia de la regulación ordinaria y qué evidencias permitirían reconocerla. De lo contrario, el término correría el riesgo de limitarse a renombrar procesos ya conocidos sin añadir una distinción explicativa útil.

La repetición funcional y la conservación de información permiten así avanzar desde la persistencia de los estados hacia el análisis de la influencia de la historia sobre el comportamiento. Los sistemas biológicos no responden siempre de forma independiente a cada nueva interacción: en determinadas condiciones, sus estados anteriores modifican las posibilidades de respuesta del presente. La existencia de mecanismos celulares que producen estos efectos está respaldada por la investigación científica, pero su interpretación como etapas precursoras de la memoria requiere una delimitación adicional. El siguiente apartado abordará esa tarea de manera explícita, examinando la prememoria como concepto hipotético y estableciendo qué pretende explicar, qué no puede darse por demostrado y qué criterios serían necesarios para valorar su utilidad.

3.4. LA PREMEMORIA COMO CONCEPTO HIPOTÉTICO

El recorrido realizado hasta este punto permite formular una cuestión que conecta la persistencia de los estados biológicos con la posibilidad de que las interacciones anteriores influyan en el funcionamiento posterior de un sistema. Hemos visto que determinadas condiciones pueden mantenerse, que algunas interacciones dejan modificaciones persistentes y que, en ciertos sistemas celulares, la historia previa puede alterar las respuestas posteriores. Estos fenómenos están presentes en la investigación científica y cuentan con mecanismos conocidos. Sin embargo, su existencia no demuestra por sí misma una secuencia evolutiva que conduzca necesariamente desde la persistencia material hasta las formas complejas de memoria. Para explorar esa posibilidad es necesario introducir un concepto cuyo significado y límites queden expresamente definidos.

En esta obra se propone el término prememoria para designar, de manera provisional, una posible condición precursora de la memoria: la persistencia de una modificación originada por interacciones anteriores que puede influir en el estado o en el funcionamiento posterior de una organización biológica. La propuesta pretende dirigir la atención hacia una cuestión concreta: si determinadas formas de continuidad material y funcional pudieron constituir condiciones relevantes para la aparición y el desarrollo de mecanismos capaces de conservar información sobre el entorno. El término no implica que exista una facultad cognitiva primitiva ni que las primeras formas de vida recordaran sus experiencias en un sentido comparable al de los organismos actuales.

La prememoria debe entenderse, por tanto, como una categoría interpretativa propuesta en el marco de este libro, no como un fenómeno independiente cuya existencia haya quedado demostrada bajo esa denominación. La

ciencia ya estudia mecanismos de memoria celular mediante los cuales ciertos sistemas conservan información de condiciones ambientales anteriores y modifican sus respuestas futuras. Entre los mecanismos investigados se encuentran los circuitos de retroalimentación, las redes de regulación molecular y determinadas modificaciones persistentes de los estados celulares [12, 14]. Estos conocimientos proporcionan referencias para desarrollar la pregunta que aquí se plantea, pero no justifican afirmar que todos esos mecanismos sean formas de prememoria ni que representen etapas de una única trayectoria evolutiva.

Para delimitar el concepto conviene establecer una primera diferencia entre persistencia y prememoria. La persistencia describe el hecho de que una condición o modificación se mantenga durante cierto tiempo. La prememoria, en el sentido hipotético propuesto, exigiría además examinar si esa modificación conserva una relación funcional con una interacción anterior y si puede influir en el comportamiento posterior del sistema. Una molécula puede permanecer estable sin que su persistencia constituya por sí misma una huella funcional relevante. En cambio, si una modificación producida por una interacción anterior condiciona una respuesta posterior, se presenta una relación entre la historia del sistema y su funcionamiento que merece ser investigada. Esta diferencia no demuestra la existencia de una categoría biológica nueva, pero ayuda a precisar la pregunta que el término pretende formular.

Una segunda distinción afecta a la autorregulación. Los sistemas vivos disponen de mecanismos que mantienen determinadas condiciones internas, responden a perturbaciones y coordinan sus procesos. Algunos de esos mecanismos pueden generar estados persistentes o respuestas dependientes de la historia. Sin embargo, no toda autorregulación conserva información sobre una interacción anterior, ni toda persistencia reguladora debe interpretarse como memoria. Para que la prememoria tenga utilidad conceptual, deberá identificar algo más específico que el simple mantenimiento de la organización: una continuidad funcional en la que una modificación anterior contribuya a determinar las condiciones de una respuesta posterior.

La tercera distinción se refiere a la memoria celular reconocida en la literatura científica. En determinados organismos, las células pueden conservar efectos de exposiciones anteriores mediante mecanismos moleculares y regulatorios identificables, lo que permite que su historia influya en desafíos posteriores [14]. Estos fenómenos pueden denominarse memoria celular dentro de marcos científicos concretos, siempre que se definan los mecanismos y los criterios empleados. La prememoria que se propone aquí no pretende reemplazar esa terminología ni rebautizar los fenómenos ya

descritos. Su propósito es más limitado: explorar si resulta útil identificar, desde una perspectiva teórica, condiciones elementales de persistencia funcional que podrían ser relevantes para estudiar el problema general del origen de la memoria.

Esta cautela es especialmente necesaria cuando la hipótesis se proyecta hacia las primeras formas de vida. Los mecanismos que hoy observamos en células contemporáneas surgieron dentro de una historia evolutiva extensa y no pueden trasladarse automáticamente a los primeros sistemas biológicos. Las organizaciones prebióticas, las protocélulas hipotéticas y los organismos actuales no deben tratarse como si fueran versiones sucesivas de una misma estructura con idénticas capacidades. Para reconstruir el origen de cualquier mecanismo sería necesario determinar qué condiciones materiales lo hacen posible, qué formas de organización requiere y qué evidencias permiten establecer su antigüedad o su posible aparición. La prememoria no resuelve esas cuestiones: ofrece un marco de preguntas que deberá contrastarse con la investigación sobre el origen y la evolución de los sistemas vivos.

La hipótesis también debe evitar una interpretación teleológica. No sería correcto afirmar que la materia comenzó a conservar huellas porque se encaminaba hacia la memoria, la conciencia o la inteligencia. Los procesos físicos y químicos no necesitan orientarse hacia esos resultados futuros para producir estados persistentes o sistemas capaces de responder de manera diferenciada. Si determinadas formas de persistencia funcional contribuyeron posteriormente a la aparición de capacidades más complejas, esa relación tendría que explicarse a partir de los mecanismos y las condiciones evolutivas correspondientes. La hipótesis debe examinar posibles continuidades sin convertirlas en una progresión inevitable.

Para que el concepto de prememoria pueda desarrollarse de manera rigurosa, conviene exigirle varios criterios. En primer lugar, debe existir una modificación identificable que persista después de la interacción que la produjo. En segundo lugar, debe poder establecerse alguna relación entre esa modificación y la historia previa del sistema, y no únicamente con las condiciones presentes. En tercer lugar, ha de investigarse si la modificación influye de manera demostrable en el funcionamiento o en la respuesta posterior. Finalmente, es necesario comprobar si el concepto añade una distinción explicativa útil respecto a los mecanismos ya conocidos. Estos criterios no constituyen una definición científica validada de la prememoria; son condiciones de trabajo propuestas para evitar que el término se convierta en una etiqueta aplicable indiscriminadamente a cualquier forma de persistencia.

Desde esta perspectiva, el interés de la prememoria no reside en atribuir una capacidad desconocida a las primeras formas de vida, sino en explorar una

pregunta anterior a la memoria entendida en sus formas más complejas: ¿qué condiciones materiales y organizativas permiten que el pasado influya en el presente de un sistema? La pregunta puede investigarse mediante procesos conocidos, comparaciones entre distintos sistemas y modelos sobre la evolución de las redes de regulación. También puede ayudar a identificar qué aspectos siguen sin explicación suficiente y qué evidencias serían necesarias para sostener una hipótesis más amplia.

La prememoria queda así establecida como una propuesta conceptual abierta a revisión. Su valor dependerá de su capacidad para distinguir fenómenos, orientar preguntas y relacionar mecanismos sin confundir niveles de explicación. No se afirma que toda persistencia material sea memoria, que toda respuesta repetida constituya aprendizaje ni que la evolución de la vida haya seguido una secuencia lineal desde la materia hasta la conciencia. Se plantea, más modestamente, que la persistencia de ciertas modificaciones y su posible influencia sobre respuestas posteriores constituyen un ámbito relevante para investigar las condiciones que permiten conservar información funcional.

El siguiente paso consiste en examinar precisamente esa relación entre persistencia y cambio. Si una modificación anterior puede influir en una respuesta posterior, será necesario analizar en qué circunstancias esa influencia se mantiene, cuándo altera efectivamente el comportamiento y qué límites presenta. El apartado 3.5 abordará esa transición desde la persistencia hacia la modificación de las respuestas, cerrando el capítulo y preparando el paso posterior desde la hipótesis conceptual hacia el análisis de sus posibles implicaciones biológicas.

3.5. DE LA PERSISTENCIA A LA MODIFICACIÓN DE RESPUESTAS

La persistencia de una modificación adquiere una relevancia biológica particular cuando influye en la manera en que un sistema responde a una interacción posterior. Hasta ahora hemos examinado cómo determinados estados pueden mantenerse, cómo una interacción puede dejar una huella y cómo esa huella puede conservar efectos después de desaparecer el estímulo inicial. El paso que corresponde analizar ahora consiste en determinar bajo qué condiciones esa continuidad modifica efectivamente el funcionamiento del sistema. No se trata simplemente de que algo permanezca, sino de que su permanencia pueda establecer una diferencia en lo que sucede después.

En los sistemas biológicos, las respuestas no dependen exclusivamente de la naturaleza del estímulo presente. También pueden verse influidas por el

estado fisiológico del organismo, por la disponibilidad de recursos, por la actividad de sus mecanismos reguladores y por determinadas modificaciones originadas en interacciones anteriores. Dos células sometidas a una condición semejante pueden responder de manera diferente si sus estados previos no son idénticos. Esta diferencia no demuestra por sí misma la existencia de memoria: puede deberse a variaciones metabólicas, diferencias en la concentración de determinadas moléculas o fluctuaciones en los procesos de regulación. Para identificar una influencia efectiva de la historia del sistema es necesario estudiar qué diferencias persisten y cómo intervienen en la respuesta posterior.

La investigación sobre redes de regulación celular muestra que determinados circuitos pueden mantener estados funcionales y generar respuestas diferentes según las señales recibidas previamente. Los mecanismos de retroalimentación y otras formas de regulación pueden producir dinámicas que condicionan el comportamiento posterior de una célula [9, 14]. En determinados contextos, estos fenómenos se estudian como memoria celular, siempre que exista evidencia de que una condición anterior deja un efecto persistente capaz de influir en una respuesta posterior. El mecanismo concreto importa: no toda diferencia de comportamiento constituye memoria, y no todos los procesos de memoria celular operan de la misma manera.

Esta distinción permite separar tres situaciones. En la primera, un estímulo desencadena una respuesta que depende principalmente de su presencia inmediata; cuando desaparece, la respuesta cesa y una nueva exposición vuelve a activar el mecanismo correspondiente. En la segunda, una interacción previa modifica temporalmente el estado del sistema, de manera que la respuesta posterior cambia mientras se mantiene esa modificación. En la tercera, la influencia de la interacción anterior persiste durante un periodo más prolongado y puede condicionar respuestas sucesivas. Estos escenarios no constituyen etapas evolutivas necesarias ni una clasificación universal de los sistemas vivos, sino una distinción analítica que permite examinar diferentes relaciones entre el pasado y el comportamiento presente.

La modificación de una respuesta tampoco debe confundirse automáticamente con una mejora. Una exposición anterior puede aumentar la eficacia de una reacción, reducir su intensidad, retrasarla o producir efectos perjudiciales en determinadas condiciones. El resultado depende de los mecanismos implicados y de la relación entre el estado del sistema y las exigencias del entorno. Una respuesta que resulta adecuada ante una condición concreta puede dejar de serlo cuando cambian las circunstancias. Por ello, la persistencia de una modificación no equivale necesariamente a una adaptación favorable, del mismo modo que la repetición de una conducta no demuestra que esta haya sido seleccionada por su utilidad.

La adaptación biológica exige una consideración adicional. En sentido evolutivo, la adaptación se relaciona con características heredables que, en determinadas condiciones, contribuyen al éxito reproductivo y pueden aumentar su frecuencia mediante la selección natural. En cambio, una célula puede modificar su respuesta durante su propia existencia sin que esa modificación implique un cambio evolutivo en la población. También existen respuestas fisiológicas reversibles y procesos de plasticidad que permiten ajustar el funcionamiento a las condiciones ambientales. Aunque estos fenómenos pueden relacionarse, pertenecen a niveles de explicación diferentes y no deben reducirse a una única secuencia.

Desde el marco conceptual de esta obra, la cuestión de interés consiste en explorar si la persistencia de determinadas modificaciones puede constituir una condición relevante para el desarrollo de respuestas más organizadas. La prememoria se ha propuesto como una categoría interpretativa para examinar esa posibilidad, pero no permite afirmar que toda modificación persistente sea un precursor de la memoria ni que la memoria surgiera necesariamente mediante una sucesión lineal de etapas. Para sostener una relación evolutiva de ese tipo sería necesario establecer qué mecanismos intervienen, cómo pudieron originarse y qué evidencias permiten vincularlos con capacidades posteriores.

La hipótesis debe mantenerse, además, separada de cualquier atribución de finalidad a los primeros sistemas biológicos. Una modificación no se conserva porque el sistema anticipe las ventajas que podría obtener en el futuro. Puede persistir debido a las propiedades físicas y químicas de sus componentes, a la dinámica de las redes de regulación o a otros mecanismos materiales. Si esa persistencia influye posteriormente en el comportamiento y, bajo determinadas condiciones, contribuye a la supervivencia o reproducción, sus consecuencias podrán estudiarse en términos biológicos y evolutivos. La utilidad posterior de un proceso no demuestra que esa utilidad dirigiera su aparición.

El interés de esta investigación reside, por tanto, en identificar las condiciones que permiten que una interacción anterior continúe teniendo consecuencias en el presente. La persistencia ofrece una primera condición posible; la huella identifica una modificación que permanece; y el análisis de las respuestas permite investigar si esa modificación desempeña una función. La prememoria intenta reunir estas preguntas bajo una propuesta conceptual, pero su valor dependerá de que permita distinguir mecanismos, formular predicciones o reconocer problemas que no queden suficientemente descritos mediante los conceptos científicos existentes. Si no aporta esa capacidad explicativa adicional, deberá revisarse o abandonarse como categoría independiente.

Con este apartado concluye el capítulo dedicado a la prememoria. Su recorrido no demuestra que las primeras formas de vida poseyeran memoria ni establece una trayectoria evolutiva universal desde la persistencia material hasta la conciencia. Permite, más modestamente, formular un problema: cómo determinadas modificaciones de un sistema biológico pueden mantenerse y condicionar su funcionamiento posterior. Esta cuestión enlaza con el estudio de las respuestas que se estabilizan, se repiten y pueden transmitirse a través de generaciones, aunque estos procesos deben analizarse por separado y sin presuponer una continuidad directa entre ellos.

El capítulo siguiente examinará el preinstinto como otra propuesta conceptual de esta obra. La pregunta dejará de centrarse exclusivamente en la persistencia de una modificación para dirigirse hacia la estabilización de respuestas funcionales: cómo determinadas regularidades pueden conservarse, qué papel desempeñan los mecanismos hereditarios y en qué condiciones resulta legítimo hablar de una predisposición biológica a actuar. Ese paso requerirá distinguir las respuestas individuales, la regulación celular, la herencia y la evolución, evitando convertir una hipótesis de continuidad en una secuencia de etapas cuya existencia no haya sido demostrada.

Referencias al tercer capítulo:

[9] Hancock, E. J., Ang, J., Papachristodoulou, A. y Stan, G.-B. (2017). "The Interplay between Feedback and Buffering in Cellular Homeostasis". Cell Systems, 5(5), 498–508.e23. https://doi.org/10.1016/j.cels.2017.09.013

[12] Cavalli, G. y Heard, E. (2019). "Advances in epigenetics link genetics to the environment and disease". Nature, 571, 489–499. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1411-0

[13] Scanlon, K., Shanahan, F., Ross, R. P. y Hill, C. (2025). "Exploring the concept of bacterial memory". Nature Microbiology, 10(12), 3049–3058. https://doi.org/10.1038/s41564-025-02185-3.

[14] Jiang, Y. y Hao, N. (2021). "Memorizing environmental signals through feedback and feedforward loops". Current Opinion in Cell Biology, 69, 96–102. https://doi.org/10.1016/j.ceb.2020.11.008

CAPÍTULO IV

El Preinstinto: Conservar las Respuestas que Funcionan

4.1. DE LA RESPUESTA OCASIONAL A LA REGULARIDAD FUNCIONAL

En los sistemas biológicos, una respuesta puede aparecer de manera ocasional cuando concurren determinadas condiciones, pero también puede repetirse con cierta regularidad cada vez que se presenta una situación semejante. La diferencia entre ambos casos no reside necesariamente en la complejidad de la respuesta, sino en las condiciones que permiten que se produzca de forma recurrente. Para comprender cómo determinadas respuestas pueden llegar a mantenerse y adquirir estabilidad funcional, es necesario examinar los mecanismos que las generan y las relaciones que establecen entre el organismo y su entorno.

Una respuesta ocasional puede depender de una combinación circunstancial de factores internos y externos. La disponibilidad de una sustancia, una variación de temperatura, una señal química o un cambio en las condiciones del medio pueden desencadenar procesos que no se repiten con la misma intensidad o frecuencia en todas las ocasiones. Los sistemas biológicos no funcionan aislados de sus circunstancias: sus respuestas dependen de la organización interna, de los recursos disponibles y de las condiciones concretas en las que se desarrolla cada interacción. Por ello, la ausencia de repetición no implica necesariamente que el sistema carezca de mecanismos reguladores, del mismo modo que la repetición no demuestra por sí sola la existencia de una capacidad de memoria.

La regularidad funcional aparece cuando determinadas relaciones entre condiciones y procesos producen resultados semejantes en circunstancias comparables. En las células, esta regularidad puede surgir de redes de regulación que coordinan la actividad de genes, proteínas y otras moléculas. Los mecanismos de retroalimentación, la organización de las rutas metabólicas y las propiedades dinámicas de las redes celulares contribuyen a determinar cómo responde una célula ante una perturbación. La investigación sobre redes reguladoras bacterianas muestra que la respuesta depende tanto de la arquitectura de esas redes como del estado fisiológico general de la célula y de las condiciones en las que opera [15].

Esta regularidad no debe interpretarse como una repetición mecánica completamente idéntica. Incluso cuando las condiciones externas parecen

semejantes, los sistemas biológicos pueden presentar variaciones en sus respuestas. Las diferencias en la expresión génica, la concentración de moléculas, el estado metabólico y otros factores pueden producir resultados distintos entre células o entre momentos sucesivos. La regularidad funcional describe, por tanto, una tendencia a producir respuestas relacionadas bajo ciertas condiciones, no una invariabilidad absoluta. La organización biológica permite mantener determinadas relaciones funcionales, pero lo hace dentro de márgenes que pueden variar y que están sujetos a perturbaciones.

Es importante distinguir, además, entre una respuesta que se repite porque se activa el mismo mecanismo y otra cuya repetición depende de modificaciones acumuladas o de estados persistentes. En el primer caso, una condición presente puede ser suficiente para desencadenar de nuevo la respuesta. En el segundo, el estado previo del sistema puede contribuir a determinar el resultado. Ambas situaciones pueden producir regularidades observables, pero no tienen necesariamente la misma explicación. Como hemos examinado en el capítulo anterior, para establecer que la historia del sistema desempeña una función es necesario demostrar que las condiciones anteriores dejan efectos que influyen en el comportamiento posterior.

La regularidad también puede aparecer en distintos niveles de organización biológica. En una célula, puede observarse en la activación recurrente de una ruta metabólica o en la regulación de la expresión de determinados genes. En un organismo, puede manifestarse mediante respuestas fisiológicas o conductuales que se producen ante estímulos específicos. En una población, ciertas características pueden repetirse entre individuos debido a factores genéticos, condiciones de desarrollo compartidas o mecanismos de transmisión cultural, según el organismo considerado. Aunque estos niveles pueden relacionarse, no deben confundirse: la regularidad de un proceso molecular no equivale a una conducta, y la repetición de una conducta no demuestra que exista una predisposición heredada.

Esta distinción resulta especialmente importante para el concepto de preinstinto que se propone en este libro. Si se pretende explorar cómo determinadas respuestas pudieron llegar a convertirse en regularidades biológicas relativamente estables, será necesario precisar qué mecanismo conserva esa regularidad y en qué nivel de organización se produce. Una respuesta puede repetirse durante la existencia de una célula porque se mantienen las condiciones que la desencadenan; otra puede depender de una modificación persistente; y una tercera puede formar parte de una disposición biológica heredable. Estos procesos no constituyen automáticamente etapas sucesivas de una misma evolución, aunque su comparación pueda ayudar a formular preguntas sobre la aparición y conservación de respuestas biológicas.

Tampoco debe suponerse que una regularidad funcional aparece porque resulte beneficiosa. Un mecanismo puede producir de manera recurrente una respuesta debido a sus propiedades físicas, químicas o regulatorias, sin que esa respuesta sea necesariamente ventajosa en todas las circunstancias. La selección natural puede favorecer determinadas características heredables cuando contribuyen al éxito reproductivo en condiciones concretas, pero este proceso evolutivo debe distinguirse de la regularidad inmediata de una reacción. La funcionalidad describe aquí la relación entre un proceso y el funcionamiento del sistema; no implica, por sí sola, una ventaja evolutiva ni una finalidad anticipada.

Desde esta perspectiva, el paso de la respuesta ocasional a la regularidad funcional no debe entenderse como una transformación automática ni como una historia evolutiva ya reconstruida. Se trata de una cuestión que requiere identificar los mecanismos que permiten que una respuesta se repita, que determinadas relaciones se mantengan y que el comportamiento del sistema presente cierta consistencia a lo largo del tiempo. Solo después de establecer esas condiciones será posible examinar si algunas regularidades pueden estabilizarse, transmitirse o convertirse en disposiciones biológicas más duraderas.

El concepto de preinstinto se abordará en este capítulo como una propuesta interpretativa para investigar esa posibilidad, no como un mecanismo demostrado que ocupe una posición reconocida entre la regulación celular y el instinto. Su utilidad dependerá de que permita formular distinciones precisas entre respuestas circunstanciales, regularidades funcionales, modificaciones persistentes y características heredables. No bastará con observar una conducta repetida: habrá que determinar por qué se repite, qué mantiene su organización y qué evidencia permite establecer su relación con la historia del sistema o con la evolución de la especie.

El siguiente apartado examinará cómo determinadas respuestas biológicas pueden estabilizarse y qué mecanismos intervienen en su conservación. Esta cuestión permitirá avanzar desde la observación de regularidades hacia el análisis de los procesos que las mantienen, sin presuponer que toda respuesta estable sea un preinstinto ni que toda regularidad funcional constituya una etapa hacia el instinto.

4.2. LA ESTABILIZACIÓN DE RESPUESTAS BIOLÓGICAS

La regularidad de una respuesta biológica plantea una cuestión fundamental: ¿qué mecanismos permiten que determinadas formas de actuación se mantengan a lo largo del tiempo y reaparezcan cuando se presentan

condiciones semejantes? La respuesta no exige suponer que los primeros sistemas vivos dispusieran de memoria en un sentido próximo al que atribuimos a los organismos con sistemas nerviosos. Basta con reconocer que los procesos biológicos pueden organizarse mediante mecanismos capaces de conservar determinadas relaciones funcionales, corregir desviaciones y reproducir patrones de actividad.

En las células actuales, por ejemplo, las redes de regulación molecular coordinan la actividad de numerosos componentes. Los circuitos de retroalimentación pueden contribuir a mantener determinadas variables dentro de unos márgenes compatibles con el funcionamiento celular, mientras que otros mecanismos permiten modificar la actividad de los genes o las rutas metabólicas en respuesta a cambios ambientales. Estas respuestas no son necesariamente idénticas en todas las circunstancias: dependen de la configuración del sistema, de su estado fisiológico y de las señales que recibe. La estabilidad biológica, por tanto, no implica inmovilidad, sino la capacidad de conservar una organización funcional a pesar de las variaciones que la afectan [9, 15].

Sin embargo, mantener una función no es lo mismo que aprender una respuesta. Un sistema puede reaccionar repetidamente de manera semejante porque su estructura y sus mecanismos reguladores producen ese resultado cada vez que concurren determinadas condiciones. En tal caso, la regularidad no demuestra que la experiencia anterior haya modificado el comportamiento posterior. Para hablar de una posible retención funcional de información sería necesario identificar alguna dependencia entre el estado previo del sistema y su respuesta actual: el resultado no tendría que explicarse únicamente por el estímulo presente, sino también por una modificación persistente derivada de interacciones anteriores. La investigación sobre los mecanismos celulares capaces de registrar y recuperar señales ambientales muestra que, en ciertos sistemas, esa dependencia puede estudiarse experimentalmente; no permite, por sí sola, atribuir memoria a cualquier forma de regularidad biológica [13, 14].

La estabilización también puede producirse a una escala distinta: la de las generaciones. Las variaciones heredables que afectan al funcionamiento de los organismos pueden conservarse o extenderse en una población cuando las condiciones ambientales favorecen diferencialmente su reproducción. A lo largo de muchas generaciones, la selección natural puede contribuir a la consolidación de características que producen respuestas funcionales recurrentes ante determinadas circunstancias. Este proceso no supone que el organismo decida conservar una respuesta útil ni que la evolución persiga una finalidad anticipada. Se trata de un resultado acumulativo de variación

heredable y diferencias en el éxito reproductivo. La evolución de la conducta, además, requiere considerar la interacción entre factores genéticos, desarrollo y ambiente, sin reducir toda respuesta estable a una única causa [16].

Conviene, por ello, distinguir tres fenómenos que pueden parecer semejantes, pero que no son equivalentes. El primero es la repetición de una respuesta producida por mecanismos que permanecen estables. El segundo es la modificación persistente del estado de un organismo como consecuencia de interacciones anteriores, que puede influir en respuestas posteriores. El tercero es la conservación de características heredables a través de generaciones mediante procesos evolutivos. Aunque estos fenómenos pueden relacionarse, cada uno requiere pruebas y explicaciones específicas. Confundirlos conduciría a interpretar cualquier regularidad como memoria o cualquier conducta heredada como el resultado de una experiencia individual.

Desde el marco hipotético de este libro, la estabilización de respuestas constituye un paso conceptual relevante para explorar el origen de capacidades biológicas más complejas. Si determinados mecanismos permiten conservar una organización y reproducir respuestas funcionales, resulta razonable investigar cómo pudieron aparecer sistemas en los que la historia de sus interacciones influyera de manera cada vez más significativa sobre su actividad posterior. No obstante, esta continuidad posible no demuestra una secuencia evolutiva única ni establece que exista una frontera universal entre regulación, retención de información y conducta instintiva.

El concepto de preinstinto se propone aquí para examinar precisamente ese espacio interpretativo: el de las respuestas funcionales que pueden adquirir estabilidad antes de que resulte adecuado hablar de instinto en su sentido conductual habitual. No designa una etapa biológica demostrada por la ciencia ni presupone que toda respuesta estable conduzca necesariamente al instinto. Su utilidad dependerá de que permita formular preguntas más precisas sobre los mecanismos de conservación, reproducción y modificación de las respuestas, manteniendo diferenciados los fenómenos observados y la hipótesis que los relaciona.

La estabilización, en consecuencia, no debe entenderse como un primer acto consciente de conservación, sino como un conjunto de procesos mediante los cuales ciertas organizaciones y respuestas pueden mantenerse, repetirse o transmitirse. La cuestión siguiente será determinar qué sucede cuando esa regularidad deja de depender exclusivamente de mecanismos generales y pasa a formar parte de predisposiciones biológicas que condicionan la respuesta de los organismos.

4.3. INFORMACIÓN HEREDADA Y PREDISPOSICIÓN A ACTUAR

La existencia de respuestas biológicas relativamente estables plantea una cuestión adicional: ¿cómo pueden determinados organismos presentar predisposiciones funcionales que no proceden de una experiencia individual previa? Una parte importante de la explicación se encuentra en la herencia biológica. Los organismos reciben de sus progenitores información genética que participa en la construcción y regulación de sus estructuras, en el desarrollo de sus sistemas fisiológicos y en las condiciones que hacen posibles determinadas respuestas. Esa información no constituye una descripción completa y literal de cada conducta futura, pero contribuye a establecer las capacidades y restricciones dentro de las cuales se desarrolla el organismo.

La información genética actúa mediante procesos celulares complejos y en interacción con otros factores. La expresión de los genes depende, entre otras cosas, del tipo celular, de las señales moleculares y de las condiciones ambientales. Por ello, heredar una determinada configuración genética no equivale a recibir una conducta terminada, invariable y ajena a toda influencia posterior. La herencia proporciona componentes y mecanismos que participan en el desarrollo; el resultado funcional surge de su interacción con el conjunto del sistema biológico y con las circunstancias en las que este se desarrolla.

Esta distinción resulta especialmente importante cuando se estudia la conducta. Algunas respuestas aparecen de forma característica en determinados organismos sin que sea necesario atribuirlas a un aprendizaje individual previo. Pueden depender de sistemas sensoriales, circuitos nerviosos, mecanismos hormonales y pautas de desarrollo que poseen una base heredable. Sin embargo, que una conducta tenga componentes genéticos no significa que esté determinada exclusivamente por los genes. La experiencia, el contexto, la maduración y las condiciones ambientales pueden modificar su expresión. La predisposición debe entenderse, por tanto, como una tendencia condicionada por la organización biológica, no como una orden inalterable.

La herencia también puede conservar los resultados de una historia evolutiva que ningún individuo necesita reproducir mediante su propia experiencia. A lo largo de las generaciones, determinadas variantes heredables pueden extenderse en una población cuando contribuyen, en unas condiciones concretas, a un mayor éxito reproductivo. De esta manera, algunas capacidades de respuesta pueden consolidarse sin que exista una transmisión consciente de conocimientos entre progenitores y descendientes [16]. No se conserva necesariamente el recuerdo de una experiencia

particular, sino una organización biológica que hace posibles determinadas formas de funcionamiento.
No obstante, conviene evitar una simplificación frecuente: la información heredada no es únicamente información genética considerada de manera aislada. El desarrollo biológico también depende de mecanismos celulares, condiciones prenatales o tempranas, relaciones entre organismos y ambientes que influyen sobre la expresión de las capacidades heredadas. Algunos efectos ambientales pueden persistir durante periodos prolongados y, en circunstancias determinadas, influir en procesos de desarrollo posteriores. Estos fenómenos deben analizarse caso por caso y no autorizan a considerar toda modificación adquirida como heredable a través de generaciones [12].

Desde la perspectiva de este ensayo, la cuestión relevante es cómo una organización biológica puede incorporar, mediante la evolución y el desarrollo, condiciones que favorecen determinadas respuestas antes de que el organismo haya tenido ocasión de aprenderlas individualmente. Esta pregunta permite explorar la relación entre la conservación de información y la aparición de predisposiciones funcionales. Sin embargo, no demuestra que la información heredada constituya por sí misma una forma de memoria individual ni que exista una secuencia directa y universal desde la herencia molecular hasta el instinto.

El término preinstinto puede servir, dentro de esta propuesta, para examinar las formas elementales de predisposición funcional que preceden conceptualmente a las conductas instintivas más complejas. Su uso no pretende sustituir los conceptos científicos de herencia, desarrollo, regulación o evolución, sino plantear una pregunta acerca de sus posibles relaciones: ¿hasta qué punto la conservación evolutiva de mecanismos de respuesta contribuyó a crear organismos preparados para actuar ante determinadas condiciones sin necesidad de deliberar ni aprender cada respuesta desde cero?

La respuesta exige distinguir los mecanismos que producen una predisposición de la conducta que finalmente se observa. Una misma disposición biológica puede manifestarse de maneras distintas según el contexto, mientras que conductas semejantes pueden surgir de mecanismos diferentes. Por ello, la regularidad de una respuesta no basta para identificar su origen, y la presencia de una predisposición no permite deducir que el organismo vaya a actuar siempre de la misma manera.

La información heredada proporciona así una vía fundamental para comprender cómo ciertas capacidades pueden conservarse y reaparecer en nuevas generaciones. Su relación con el concepto de preinstinto sigue

siendo hipotética y deberá evaluarse sin confundir los procesos biológicos establecidos con la interpretación general que propone este libro. El paso siguiente consiste en delimitar con mayor precisión qué puede aportar este concepto y qué diferencias deben mantenerse entre la regulación elemental, las predisposiciones heredadas y las conductas que la biología identifica como instintivas.

4.4. EL PREINSTINTO COMO PROPUESTA INTERPRETATIVA

El término preinstinto se introduce en este ensayo para explorar una cuestión que surge al estudiar las formas elementales de organización biológica: ¿cómo pudieron aparecer organismos cuyas respuestas, sin depender de un aprendizaje individual previo, estuvieran condicionadas por mecanismos funcionales conservados a lo largo de su historia evolutiva? La propuesta parte de la existencia de procesos biológicos capaces de regular la actividad celular, mantener determinadas condiciones internas y responder a cambios del entorno. A partir de ellos, plantea examinar la posible continuidad entre la estabilidad funcional de los sistemas vivos y las predisposiciones que, en organismos más complejos, participan en la aparición de conductas instintivas.

Es necesario establecer desde el principio que preinstinto no es una categoría científica reconocida ni designa una etapa evolutiva cuya existencia haya sido demostrada. Se trata de un término conceptual propuesto para este libro. Su finalidad no consiste en sustituir las explicaciones existentes sobre la autorregulación celular, la herencia, el desarrollo o la evolución de la conducta, sino en formular una pregunta que permita examinar sus relaciones sin confundir sus respectivos mecanismos.

La hipótesis considera que, antes de la aparición de conductas instintivas complejas, debieron existir sistemas biológicos capaces de conservar una organización funcional y producir respuestas compatibles con su mantenimiento. Esta afirmación debe entenderse con cautela: la regulación de una célula no constituye por sí misma una conducta instintiva, del mismo modo que la repetición de una respuesta no demuestra que exista memoria. Los sistemas celulares pueden responder de manera regular mediante mecanismos bioquímicos y redes de regulación, mientras que la memoria de señales ambientales requiere identificar mecanismos concretos mediante los cuales estados o interacciones anteriores influyen en respuestas posteriores [13, 14, 15].

La propuesta de preinstinto pretende situarse en el espacio conceptual que se abre entre estos fenómenos, sin asumir que formen una secuencia lineal

ni que compartan necesariamente un mismo mecanismo. Su utilidad dependerá de que permita distinguir grados y formas de organización funcional que, de otro modo, podrían quedar agrupados bajo expresiones demasiado generales. Para ello, será preciso especificar qué se conserva, mediante qué mecanismo, durante cuánto tiempo y a qué escala biológica se manifiesta el efecto: dentro de una célula, a lo largo de la vida de un organismo o mediante la transmisión hereditaria entre generaciones.

Esta diferenciación resulta decisiva porque la persistencia de un estado celular, la modificación de una respuesta por experiencias anteriores y la conservación evolutiva de una predisposición no son fenómenos equivalentes. El primero puede depender de la dinámica interna del sistema; el segundo exige demostrar una influencia de la historia previa sobre la respuesta presente; y el tercero requiere considerar la herencia y los procesos evolutivos que afectan a las poblaciones. En el estudio de la conducta, además, la participación de factores genéticos no implica que las respuestas estén completamente predeterminadas ni que el ambiente carezca de influencia [16].

El concepto tampoco debe interpretarse como si la evolución hubiera avanzado con el propósito de producir el instinto. La selección natural no anticipa necesidades futuras ni conserva mecanismos porque conozca de antemano su utilidad. Las características biológicas que persisten a través de las generaciones lo hacen como resultado de procesos históricos en los que intervienen variación, herencia y condiciones ambientales. Hablar de una posible continuidad entre regulación y predisposición no significa atribuir a la vida una dirección inevitable, sino investigar cómo ciertas organizaciones pudieron proporcionar condiciones para la aparición de capacidades nuevas. Desde esta perspectiva, el preinstinto no representa necesariamente una estructura específica ni un mecanismo único. Es, por ahora, una propuesta interpretativa que agrupa una pregunta sobre la conservación y la estabilización de respuestas biológicas. Su valor explicativo no dependerá de la capacidad del término para nombrar una supuesta etapa intermedia, sino de que ayude a formular distinciones comprobables y a identificar qué procesos conocidos podrían explicar cada fenómeno considerado.

Para que la hipótesis adquiera mayor consistencia, será necesario evitar que el concepto se convierta en una explicación circular: no podemos afirmar que una respuesta existe porque hay un preinstinto y, después, utilizar esa misma respuesta como prueba de que el preinstinto existe. La propuesta deberá contrastarse mediante fenómenos observables y mecanismos identificables, manteniendo abierta la posibilidad de que las respuestas examinadas se expliquen por procesos que no requieran introducir una categoría adicional.
En consecuencia, el preinstinto se plantea aquí como una pregunta de

investigación conceptual acerca de los antecedentes funcionales de las predisposiciones biológicas. No demuestra que toda regulación conduzca al instinto, ni que la vida haya seguido una trayectoria única desde las respuestas celulares hasta la conducta compleja. Su propósito es explorar si determinados procesos de conservación, regulación y estabilización pueden ayudar a comprender esa relación. El apartado siguiente abordará las diferencias entre estos procesos, el aprendizaje individual y las conductas heredadas, con el fin de precisar dónde termina la utilidad del concepto y dónde deben comenzar las explicaciones específicas de la biología.

4.5. DIFERENCIAS ENTRE REGULACIÓN,APRENDIZAJE Y CONDUCTA HEREDADA

La comprensión del origen y la evolución de las respuestas biológicas exige distinguir fenómenos que, aunque pueden relacionarse, no deben confundirse. La regulación, el aprendizaje individual y la conducta heredada permiten explicar diferentes formas de adaptación de los organismos a sus condiciones de existencia, pero difieren en sus mecanismos, en la escala temporal en la que operan y en la manera en que la información relevante se conserva o modifica. Esta diferenciación es fundamental para valorar el alcance del concepto de preinstinto propuesto en este libro.

La regulación biológica comprende los procesos mediante los cuales los sistemas vivos coordinan su actividad y mantienen determinadas condiciones funcionales frente a las variaciones internas y externas. En una célula, por ejemplo, las redes moleculares regulan la expresión genética, el metabolismo y otras actividades necesarias para su funcionamiento. Estos mecanismos pueden generar respuestas específicas y mantener una relativa estabilidad sin que sea necesario suponer aprendizaje, intención o conciencia. La regulación constituye una propiedad fundamental de la organización biológica, pero no equivale por sí misma a una conducta aprendida ni demuestra la existencia de memoria en todos los sistemas en los que aparece una respuesta regular [9, 10, 15].

El aprendizaje individual, por su parte, implica una modificación de la conducta o de las respuestas de un organismo relacionada con su experiencia. Sus mecanismos y manifestaciones varían considerablemente entre especies y sistemas biológicos. En algunos casos, la exposición a determinadas condiciones modifica respuestas posteriores; en otros, el organismo adquiere asociaciones entre estímulos, ajusta su comportamiento mediante las consecuencias de sus acciones o desarrolla nuevas capacidades a partir de la experiencia. No toda modificación fisiológica constituye aprendizaje, del mismo modo que no toda persistencia de un estado interno

demuestra que el organismo haya aprendido. Para establecer esa relación es necesario identificar cambios vinculados a la experiencia y distinguirlos de las respuestas que se producen mediante mecanismos reguladores estables.

La conducta heredada plantea una cuestión diferente. Algunos organismos presentan predisposiciones conductuales que no requieren que cada individuo aprenda desde cero los mecanismos fundamentales de esas respuestas. Su desarrollo puede depender de sistemas genéticos, fisiológicos y nerviosos cuya configuración se ha conservado a través de generaciones. En estos casos, la herencia no transmite necesariamente una conducta acabada, sino condiciones biológicas que contribuyen a hacer posibles determinadas respuestas. La expresión efectiva de estas predisposiciones puede depender también del desarrollo, del ambiente y de la experiencia individual. Por ello, la distinción entre conducta heredada y conducta aprendida no siempre implica una separación absoluta: ambas pueden interactuar durante la vida del organismo [16, 19].

Estas tres dimensiones tampoco se encuentran necesariamente aisladas. Una predisposición heredada puede manifestarse mediante mecanismos de regulación fisiológica y, al mismo tiempo, quedar modificada por la experiencia. El aprendizaje puede depender de capacidades biológicas desarrolladas mediante la evolución, mientras que los mecanismos reguladores pueden influir en la conservación de cambios asociados a experiencias anteriores. La complejidad de una respuesta concreta puede proceder de la interacción entre estos procesos, sin que resulte adecuado atribuirla exclusivamente a uno de ellos.

También es necesario distinguir sus escalas temporales. La regulación puede actuar en intervalos muy breves y ajustarse continuamente a las condiciones presentes. El aprendizaje puede producir modificaciones que persistan durante periodos variables de la vida de un individuo. La evolución, en cambio, afecta a las características heredables de las poblaciones a lo largo de generaciones. Aunque existen relaciones entre estas escalas, no son intercambiables: una respuesta regulada no se convierte automáticamente en aprendizaje, y una modificación aprendida no pasa por ese solo hecho a formar parte de la herencia genética.

Esta distinción permite precisar la posición que ocupa el concepto de preinstinto dentro de nuestra hipótesis. No sería correcto emplearlo como sinónimo de regulación, porque esta dispone de mecanismos científicos identificables y no necesita una categoría adicional para ser explicada. Tampoco debería utilizarse para designar cualquier aprendizaje elemental o cualquier conducta heredada. Su posible utilidad se encuentra en la pregunta que intenta formular: si determinados mecanismos de conservación de la

organización y de estabilización funcional pudieron constituir antecedentes relevantes para la aparición de predisposiciones biológicas más complejas. La cuestión permanece abierta y requiere cautela. No disponemos, a partir de estas distinciones generales, de pruebas que permitan identificar una fase universal denominada preinstinto, ni podemos afirmar que todas las formas de regulación biológica conduzcan evolutivamente hacia el aprendizaje o la conducta instintiva. La evolución no constituye una escalera predeterminada en la que cada nivel de organización deba desembocar en el siguiente. Las capacidades aparecen, se transforman o desaparecen en función de historias evolutivas concretas, y organismos distintos pueden resolver problemas funcionales mediante mecanismos diferentes.

El interés de esta propuesta reside, por tanto, en orientar la investigación conceptual sin sustituir la investigación empírica. Para avanzar sería necesario estudiar sistemas concretos, determinar qué mecanismos intervienen en sus respuestas y comprobar si existen relaciones demostrables entre la regulación, la persistencia de efectos de experiencias anteriores y la aparición de predisposiciones heredables. Solo entonces podría evaluarse si el concepto de preinstinto aporta una distinción explicativa útil o si los fenómenos examinados quedan suficientemente descritos mediante las categorías biológicas existentes.

Con este último apartado concluye el capítulo dedicado al preinstinto. Hemos recorrido la regularidad de las respuestas biológicas, su estabilización, la influencia de la herencia y los límites de una interpretación que pretende relacionar estos fenómenos. El resultado no es la demostración de una nueva etapa evolutiva, sino la delimitación de una pregunta: cómo pudieron surgir, a partir de organizaciones biológicas capaces de regularse y conservar su funcionamiento, sistemas con respuestas cada vez más dependientes de la historia del organismo, de sus predisposiciones y de su interacción con el entorno.

El siguiente capítulo abordará el paso de la respuesta a la anticipación, examinando los mecanismos mediante los cuales determinados organismos integran señales, modifican su comportamiento y responden a condiciones que todavía no se han manifestado plenamente.

Referencias al cuarto capítulo:

[9] Hancock, E. J., Ang, J., Papachristodoulou, A. y Stan, G.-B. (2017). "The Interplay between Feedback and Buffering in Cellular Homeostasis". Cell Systems, 5(5), 498–508.e23. https://doi.org/10.1016/j.cels.2017.09.013

[10] Heylighen, F., Beigi, S. y Busseniers, E. (2022). "The role of self-maintaining resilient reaction networks in the origin and evolution of life". BioSystems, 219, 104720. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2022.104720

[12] Cavalli, G. y Heard, E. (2019). "Advances in epigenetics link genetics to the environment and disease". Nature, 571, 489–499. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1411-0

[13] Scanlon, K., Shanahan, F., Ross, R. P. y Hill, C. (2025). "Exploring the concept of bacterial memory". Nature Microbiology, 10(12), 3049–3058. https://doi.org/10.1038/s41564-025-02185-3

[14] Jiang, Y. y Hao, N. (2021). "Memorizing environmental signals through feedback and feedforward loops". Current Opinion in Cell Biology, 69, 96–102. https://doi.org/10.1016/j.ceb.2020.11.008

[15] Shis, D. L., Bennett, M. R. e Igoshin, O. A. (2018). "Dynamics of Bacterial Gene Regulatory Networks". Annual Review of Biophysics, 47, 447–467. https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-070317-032947

[16] Arguello, J. R. y Benton, R. (2017). "Open questions: Tackling Darwin's 'instincts': the genetic basis of behavioral evolution". BMC Biology, 15, artículo 26. https://doi.org/10.1186/s12915-017-0369-3

[19] Blumberg, M. S. (2017). "Development evolving: The origins and meanings of instinct". WIREs Cognitive Science, 8, e1371. https://doi.org/10.1002/wcs.1371.

CAPÍTULO V

Del Preinstinto al Instinto

5.1. LA EVOLUCIÓN DE LAS RESPUESTAS HEREDADAS

La aparición de respuestas heredadas constituye uno de los problemas fundamentales para comprender la evolución de la conducta. Los organismos no comienzan su existencia desde cero: su desarrollo se encuentra condicionado por una historia biológica que se transmite entre generaciones y que participa en la construcción de sus estructuras, sus capacidades fisiológicas y sus posibilidades de interacción con el entorno. Sin embargo, explicar cómo esa herencia puede contribuir a la aparición de respuestas específicas exige distinguir entre la transmisión de información biológica, la variación de los mecanismos que intervienen en la conducta y los procesos evolutivos que modifican su frecuencia en las poblaciones.

La herencia no transmite necesariamente una conducta terminada, como si cada organismo recibiera un conjunto de instrucciones que determinara de manera invariable sus acciones futuras. Los genes contribuyen a construir y regular los sistemas que hacen posible la conducta, incluidos los mecanismos sensoriales, las redes neuronales y los procesos fisiológicos que intervienen en la respuesta al ambiente. Las diferencias genéticas pueden modificar estos sistemas y, con ello, influir en las tendencias de comportamiento. No obstante, la expresión de esas tendencias depende también del desarrollo y de las condiciones ambientales. La relación entre genética y conducta es, por tanto, compleja y no puede reducirse a una correspondencia directa entre un gen y una acción concreta [17, 23].

Desde una perspectiva evolutiva, las respuestas heredadas no deben entenderse como estructuras inmutables que han permanecido intactas desde su aparición. Las poblaciones presentan variaciones, y algunas de ellas pueden afectar a la forma en que los organismos detectan señales, procesan información o responden a determinadas circunstancias. Cuando esas variaciones son heredables, sus frecuencias pueden cambiar a lo largo de las generaciones mediante procesos como la selección natural, la deriva genética y otros mecanismos evolutivos. La dirección y el resultado de estos cambios dependen de las condiciones históricas y ecológicas; no existe una garantía de que una respuesta se vuelva más compleja, más eficaz en cualquier ambiente o más próxima a las capacidades de otras especies [18].

La evolución de una respuesta puede implicar modificaciones graduales de sistemas biológicos ya existentes. En lugar de requerir necesariamente la aparición súbita de un mecanismo completamente nuevo, ciertos cambios en componentes genéticos, vías de regulación o conexiones funcionales pueden alterar la manera en que un organismo responde a una señal. Si esas modificaciones contribuyen a diferencias en la supervivencia o la reproducción, pueden extenderse en una población. La investigación sobre las bases genéticas de la conducta estudia precisamente cómo la variación heredable afecta a los sistemas que hacen posible el comportamiento y cómo tales diferencias pueden evolucionar. Sin embargo, reconstruir la historia concreta de una conducta continúa siendo un desafío, especialmente cuando intervienen múltiples genes, mecanismos de desarrollo y condiciones ambientales [16, 17].

Esta perspectiva también obliga a reconsiderar la relación entre respuestas heredadas y experiencia individual. Una predisposición biológica puede proporcionar las condiciones para que una respuesta aparezca sin que el organismo tenga que aprender todos sus componentes desde el principio. Pero esto no significa que la experiencia carezca de importancia. En numerosas especies, las conductas características se desarrollan mediante la interacción entre predisposiciones biológicas y experiencias propias de cada etapa de la vida. Algunas respuestas dependen de estímulos específicos; otras requieren maduración, exposición a condiciones ambientales o interacción con otros individuos. Por ello, el carácter heredado de una conducta no debe confundirse con una independencia absoluta respecto del ambiente y del desarrollo [19].

Desde la hipótesis general de este libro, interesa examinar cómo pudieron conservarse y modificarse determinadas formas de respuesta hasta dar lugar a predisposiciones biológicas cada vez más especializadas. La cuestión no consiste en afirmar que toda respuesta heredada proceda de una respuesta elemental idéntica ni que exista una cadena universal que conduzca desde la regulación celular hasta el instinto. Se trata de investigar si, en determinados linajes evolutivos, los mecanismos de regulación, las variaciones heredables y la selección de respuestas funcionales pudieron participar en la formación de conductas que no dependen exclusivamente de la experiencia individual.

Esta posibilidad exige mantener separadas dos escalas explicativas. En una primera escala se encuentran los mecanismos que producen una respuesta en un organismo concreto: la recepción de señales, la actividad fisiológica y los procesos que coordinan la acción. En una segunda escala se encuentra la historia evolutiva que explica cómo llegaron a existir las características biológicas que hacen posible esa respuesta. Una explicación de la conducta

inmediata no resuelve por sí sola su origen evolutivo, del mismo modo que una explicación de su historia hereditaria no describe necesariamente todos los mecanismos que intervienen en su ejecución.

La distinción resulta importante para la hipótesis del preinstinto desarrollada en el capítulo anterior. La existencia de predisposiciones heredadas permite plantear preguntas sobre la conservación evolutiva de respuestas funcionales, pero no demuestra la existencia de una fase independiente situada entre la regulación biológica y el instinto. El concepto continúa siendo una propuesta interpretativa cuya utilidad dependerá de que permita precisar relaciones y formular preguntas contrastables, sin sustituir las explicaciones genéticas, fisiológicas, conductuales y evolutivas disponibles.

En consecuencia, la evolución de las respuestas heredadas debe entenderse como un proceso histórico de variación y transformación, no como una acumulación necesariamente progresiva de conductas cada vez más complejas. Algunas respuestas pueden conservarse durante largos periodos, otras modificarse y otras desaparecer cuando cambian las condiciones que afectan a su funcionamiento y a su transmisión. El estudio de estos procesos permite comprender que la herencia no representa una repetición exacta del pasado, sino la transmisión de una organización biológica susceptible de variación.

La cuestión que queda abierta es cómo se organiza esa herencia para producir respuestas coordinadas en el organismo. Identificar la existencia de predisposiciones heredables constituye solo una parte de la explicación; también es necesario comprender cómo interactúan los sistemas sensoriales, fisiológicos y, en los organismos que los poseen, nerviosos para convertir determinadas señales en acciones. Este problema conduce al siguiente apartado, dedicado a la organización biológica de la conducta.

5.2. LA ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA DE LA CONDUCTA

Una respuesta biológica no depende únicamente de la existencia de una predisposición heredada. Para que esa predisposición se manifieste, deben intervenir mecanismos capaces de detectar determinadas condiciones, procesar las señales relevantes y coordinar una respuesta compatible con la organización del organismo. La conducta, entendida en sentido amplio como la actividad de un ser vivo en relación con su entorno, no puede explicarse mediante un componente aislado, sino a partir de las relaciones funcionales que se establecen entre sus distintas partes.
En los organismos unicelulares, muchas respuestas dependen de mecanismos moleculares que permiten detectar cambios físicos o químicos y

modificar la actividad celular. La disponibilidad de nutrientes, las variaciones de temperatura y la presencia de determinadas sustancias pueden desencadenar cambios metabólicos o movimientos orientados por señales ambientales. Estas respuestas no requieren un sistema nervioso: se producen mediante procesos celulares cuya coordinación permite al organismo responder a las condiciones que afectan a su funcionamiento. Sin embargo, la existencia de una respuesta organizada no demuestra por sí sola que el organismo posea aprendizaje, memoria en sentido conductual o experiencia consciente.

Con la evolución de organismos multicelulares, la coordinación entre células adquirió nuevas posibilidades y exigencias. Las células especializadas pueden intercambiar señales químicas y eléctricas, mientras que los tejidos y órganos participan en funciones que requieren una actividad conjunta. En los animales dotados de sistema nervioso, esta coordinación incluye redes de neuronas que reciben información sensorial, integran señales y contribuyen a organizar las respuestas motoras. La complejidad de estos circuitos y sus formas de conexión varían entre grupos animales y han experimentado transformaciones evolutivas diversas; no existe una única estructura nerviosa que represente un modelo universal para todos los organismos [20].

En estos sistemas, la relación entre estímulo y respuesta no siempre adopta la forma de una cadena simple en la que una señal produce automáticamente una acción. Las respuestas pueden depender de la integración de varias señales, del estado fisiológico del organismo y de la actividad de circuitos que facilitan, inhiben o coordinan diferentes posibilidades de actuación. Incluso movimientos aparentemente sencillos pueden requerir la actividad conjunta de redes neuronales y mecanismos de retroalimentación. La conducta observable constituye, por tanto, el resultado de una organización funcional que puede ser considerablemente más compleja que el estímulo que inicialmente la desencadena [21].

Esta organización también permite comprender por qué una misma señal no produce necesariamente la misma respuesta en todas las circunstancias. El estado interno del organismo, su etapa de desarrollo y las experiencias anteriores pueden modificar la manera en que se procesa la información. En determinados sistemas nerviosos, la actividad de los circuitos cambia con el aprendizaje, y la coordinación entre señales sensoriales y órdenes motoras puede ajustarse según las exigencias de la situación. La respuesta no depende exclusivamente de la señal externa, sino de la interacción entre esa señal y el estado dinámico del sistema que la recibe y procesa.

La organización biológica de la conducta tampoco debe confundirse con una planificación consciente. Un organismo puede producir respuestas

coordinadas sin representar deliberadamente sus objetivos ni evaluar las alternativas disponibles como lo haría un ser humano durante una decisión reflexiva. En los animales, numerosos patrones conductuales dependen de mecanismos nerviosos y fisiológicos que funcionan sin necesidad de una deliberación consciente demostrable. La ausencia de deliberación, sin embargo, no implica que todas esas respuestas sean idénticas, invariables o completamente independientes de la experiencia.

Desde la perspectiva evolutiva, los mecanismos que organizan la conducta pueden modificarse mediante cambios en sus componentes y en las relaciones que mantienen entre sí. La evolución de los circuitos nerviosos puede implicar variaciones en las conexiones neuronales, en las propiedades fisiológicas de las células y en los sistemas de modulación que regulan su actividad. Estos cambios pueden alterar las respuestas que un organismo es capaz de producir y las condiciones en las que aparecen. La investigación comparada de los circuitos nerviosos permite estudiar estas transformaciones, aunque la reconstrucción de su historia evolutiva sigue planteando interrogantes importantes [20].

Este marco ayuda a precisar la relación entre la organización de la conducta y el concepto de preinstinto desarrollado en los capítulos anteriores. La existencia de mecanismos reguladores y respuestas funcionales en organismos sin sistema nervioso muestra que la coordinación biológica no comienza con la aparición de un cerebro. Sin embargo, no permite concluir que la regulación celular sea una forma elemental de instinto ni que los circuitos nerviosos hayan surgido mediante una progresión única desde mecanismos celulares equivalentes. Para establecer relaciones evolutivas concretas es necesario identificar continuidades y diferencias entre los sistemas estudiados.

La hipótesis del libro plantea que la conservación de determinadas funciones y la capacidad de responder a las condiciones del entorno constituyen antecedentes relevantes para comprender la aparición de formas de conducta más complejas. El conocimiento científico permite estudiar los mecanismos de regulación, señalización e integración que hacen posibles esas respuestas. La interpretación que relaciona tales mecanismos con el concepto de preinstinto, en cambio, continúa siendo una propuesta conceptual y no debe confundirse con una conclusión demostrada sobre el origen del instinto.

La organización biológica de la conducta revela, en definitiva, que una respuesta no es simplemente un acontecimiento aislado, sino el resultado de la actividad coordinada de un sistema vivo. En algunos organismos esa coordinación se apoya principalmente en mecanismos celulares; en otros,

incorpora redes nerviosas capaces de integrar señales y organizar patrones de actuación diversos. Comprender cómo se construyen y funcionan esos sistemas permite abordar una cuestión posterior: qué características hacen que determinadas respuestas puedan considerarse instintivas y en qué sentido el instinto puede entenderse como una capacidad funcional del organismo.

5.3. EL INSTINTO COMO CAPACIDAD FUNCIONAL

El instinto constituye un concepto fundamental para estudiar las formas de conducta que aparecen sin requerir un aprendizaje individual completo de sus componentes. Sin embargo, definirlo exclusivamente como una respuesta automática o como una conducta determinada de manera rígida por la herencia resulta insuficiente. Las respuestas que habitualmente se consideran instintivas pueden implicar mecanismos fisiológicos complejos, coordinación entre diferentes sistemas del organismo y una interacción variable con las condiciones ambientales. Para comprender su función es necesario examinar qué capacidades biológicas permiten que una respuesta aparezca, se organice y contribuya al funcionamiento del organismo [19].

Desde esta perspectiva, el instinto puede entenderse como una capacidad funcional cuya expresión se encuentra condicionada por la organización biológica del individuo. Las predisposiciones heredadas participan en el desarrollo de los mecanismos que hacen posible determinadas respuestas, pero no determinan necesariamente cada detalle de su ejecución. La maduración, los estímulos presentes y, en numerosas especies, la experiencia pueden influir en la forma en que esas capacidades se manifiestan. El instinto no debe concebirse, por tanto, como un repertorio de acciones completamente cerrado, sino como una disposición biológica que facilita determinadas formas de respuesta bajo ciertas condiciones [17, 19].

Esta interpretación permite distinguir entre la capacidad funcional y su manifestación concreta. Un organismo puede disponer de mecanismos que favorecen una respuesta característica sin que esta aparezca en cualquier circunstancia. La presencia de señales desencadenantes, el estado fisiológico, la etapa de desarrollo y las condiciones ambientales pueden determinar cuándo y cómo se expresa. En consecuencia, observar una conducta en una situación determinada no basta para identificar todos los mecanismos que la producen ni para establecer hasta qué punto intervienen la herencia, el desarrollo o la experiencia [17, 19].

El instinto tampoco constituye una explicación alternativa a la organización biológica de la conducta. Las respuestas instintivas requieren mecanismos

capaces de recibir señales, coordinar procesos internos y producir acciones. En los animales dotados de sistema nervioso, estos procesos pueden implicar circuitos neuronales especializados, mecanismos de integración sensorial y sistemas motores. La complejidad de estas redes y sus funciones varían entre grupos animales. Hablar de instinto describe una dimensión funcional de la conducta, pero no sustituye el estudio de las estructuras y procesos que la hacen posible [20, 21].

La relación entre instinto y evolución debe abordarse con la misma cautela. Las predisposiciones conductuales pueden experimentar cambios a lo largo de las generaciones cuando las variaciones heredables que afectan a su expresión se conservan o se extienden en determinadas poblaciones. No obstante, estos cambios no responden a una finalidad anticipada ni conducen necesariamente hacia una mayor complejidad. Una respuesta puede mantenerse, modificarse o desaparecer según las circunstancias evolutivas. Además, conductas que parecen semejantes pueden haber evolucionado de manera independiente o apoyarse en mecanismos diferentes, por lo que su parecido externo no demuestra por sí mismo un origen común [16, 18].

Desde el marco interpretativo de este libro, el interés del instinto reside en que permite examinar cómo la organización biológica puede hacer posibles respuestas que no necesitan construirse desde cero mediante la experiencia individual. El organismo recibe una herencia que participa en la formación de sus capacidades y, a través de su desarrollo, adquiere una configuración funcional que condiciona su relación con el entorno. Esta relación entre herencia, organización y respuesta constituye un punto de conexión entre los mecanismos biológicos estudiados en los apartados anteriores y las formas de conducta que analizamos ahora [17, 18].

La propuesta del preinstinto puede relacionarse con esta cuestión únicamente como una hipótesis sobre posibles antecedentes funcionales. La regulación celular, la persistencia de determinados estados y la conservación evolutiva de predisposiciones permiten formular preguntas sobre la historia de las capacidades biológicas, pero no demuestran la existencia de una etapa universal que deba preceder al instinto. Tampoco permiten afirmar que una célula posea instinto en el mismo sentido en que se utiliza el término para describir determinadas conductas animales. La continuidad entre estos fenómenos debe investigarse sin borrar las diferencias entre sus mecanismos y niveles de organización [9, 10, 15, 19].

Conviene distinguir, además, el instinto de la conciencia. Una respuesta puede producirse sin que exista evidencia de una deliberación consciente sobre ella, pero esto no permite concluir que todos los organismos o

comportamientos considerados instintivos carezcan de cualquier forma de experiencia subjetiva. La relación entre conducta, procesamiento de información y conciencia varía entre especies y sigue siendo objeto de investigación. Por ello, la ausencia de deliberación observable no debe convertirse automáticamente en una afirmación general sobre la experiencia interna del organismo.

Entender el instinto como capacidad funcional permite, en definitiva, evitar dos simplificaciones opuestas. La primera consiste en reducirlo a una programación genética invariable que determina por completo la conducta. La segunda consiste en atribuir a cualquier respuesta biológica regular el carácter de instinto. Entre ambas posiciones existe un amplio campo de investigación en el que deben identificarse las predisposiciones heredadas, los mecanismos fisiológicos y nerviosos, las condiciones de desarrollo y la influencia de la experiencia [17, 19].

El instinto no representa necesariamente una forma inferior de inteligencia ni una etapa que deba desaparecer cuando aumenta la complejidad cognitiva. En numerosas especies, las respuestas predispuestas y los procesos de aprendizaje pueden coexistir y complementarse. Su importancia funcional depende de las condiciones en las que operan y de los problemas biológicos que contribuyen a resolver. El estudio de estas capacidades conduce a la siguiente cuestión: qué ventajas ofrecen las respuestas automáticas y cuáles son sus límites cuando el organismo se enfrenta a situaciones variables o imprevisibles.

5.4. VENTAJAS Y LÍMITES DE LAS RESPUESTAS AUTOMÁTICAS

Las respuestas automáticas desempeñan una función importante en la organización de la conducta porque permiten que determinados procesos se desarrollen sin necesidad de una deliberación consciente en cada ocasión. En los organismos vivos, una parte considerable de la actividad fisiológica y conductual depende de mecanismos reguladores que coordinan respuestas ante cambios internos o externos. Esta capacidad permite mantener funciones esenciales, responder con rapidez a determinadas señales y reducir la necesidad de elaborar conscientemente cada acción. Sin embargo, la automatización no constituye por sí misma una prueba de instinto ni implica que todas las respuestas se produzcan mediante un mecanismo idéntico.

Una de las principales ventajas de estas respuestas es la rapidez con la que pueden ejecutarse. Cuando un organismo dispone de mecanismos preparados para detectar determinadas condiciones y producir una

respuesta adecuada, no necesita reconstruir desde el principio toda la secuencia funcional. En los animales, algunos circuitos nerviosos coordinan patrones motores y respuestas que pueden producirse con una intervención limitada de los procesos deliberativos. Esta organización permite una ejecución eficaz en circunstancias recurrentes, aunque la velocidad de respuesta y el grado de flexibilidad varían según el sistema biológico y la situación concreta [21].

Otra ventaja reside en la economía funcional. Los mecanismos reguladores y los patrones de respuesta relativamente estables permiten coordinar actividades sin exigir una evaluación consciente continua. En determinados contextos, esta organización contribuye a conservar recursos y a mantener la continuidad de funciones necesarias para el organismo. No obstante, la eficiencia no debe confundirse con la simplicidad absoluta: una respuesta aparentemente sencilla puede depender de una red compleja de mecanismos fisiológicos y nerviosos. La automatización describe una característica de la ejecución, no necesariamente la facilidad con la que se ha desarrollado o evolucionado el sistema que la produce.

Las respuestas automáticas también pueden aportar estabilidad en entornos donde ciertas condiciones se repiten con suficiente regularidad. Si un mecanismo de respuesta resulta funcional en un conjunto determinado de circunstancias, su conservación puede contribuir al desempeño del organismo en esas condiciones. Desde una perspectiva evolutiva, algunas predisposiciones conductuales pueden mantenerse a través de las generaciones cuando su base heredable se conserva bajo determinadas condiciones ambientales. Sin embargo, la estabilidad de una respuesta no garantiza que continúe siendo ventajosa si el entorno cambia, ni demuestra que haya sido seleccionada para resolver todos los problemas con los que el organismo pueda encontrarse [16, 18].

Precisamente aquí aparecen algunos de los límites de la automatización. Una respuesta que funciona adecuadamente en circunstancias recurrentes puede resultar insuficiente cuando las condiciones se apartan de aquellas en las que suele manifestarse. Si el organismo no dispone de mecanismos capaces de modificar su actuación, una respuesta habitual puede persistir incluso cuando su eficacia disminuye. Esto no significa que todas las respuestas automáticas sean rígidas: muchos sistemas biológicos permiten modularlas, inhibirlas o ajustarlas en función de señales adicionales. El grado de flexibilidad depende de la organización del sistema y de los mecanismos de regulación e integración que intervienen en él.

La variabilidad ambiental plantea, por tanto, un problema importante. Cuando las condiciones cambian con rapidez o presentan combinaciones poco

habituales, una predisposición heredada puede no determinar por sí sola la respuesta más adecuada. En algunas especies, el aprendizaje individual contribuye a modificar conductas previas y a incorporar información derivada de la experiencia. En otras situaciones, la flexibilidad depende de mecanismos fisiológicos o conductuales que permiten ajustar la respuesta sin que sea necesario atribuir al organismo una deliberación consciente. La relación entre predisposición heredada y experiencia no debe interpretarse como una oposición absoluta: ambas pueden contribuir conjuntamente a la conducta [17, 19].

También conviene distinguir entre rapidez y eficacia adaptativa. Una respuesta rápida puede resultar ventajosa cuando el retraso supone un coste importante, pero no necesariamente cuando la situación exige discriminar entre alternativas similares o integrar señales contradictorias. La utilidad de una respuesta depende de la relación entre las condiciones ambientales, las capacidades del organismo y las consecuencias de su actuación. No existe una modalidad de respuesta que sea óptima en todos los contextos; los mecanismos que favorecen la eficacia en unas circunstancias pueden imponer limitaciones en otras.

Estas consideraciones permiten comprender por qué las respuestas automáticas y las capacidades de aprendizaje pueden coexistir dentro de un mismo organismo. Las primeras pueden facilitar la ejecución de determinadas funciones sin necesidad de una deliberación constante, mientras que el aprendizaje puede modificar algunas respuestas a partir de la experiencia. En los animales con sistemas nerviosos, los circuitos que organizan patrones motores pueden interactuar con señales sensoriales y mecanismos de control que ajustan la ejecución a las condiciones presentes. La conducta resultante no tiene por qué pertenecer exclusivamente a una categoría: puede combinar predisposiciones heredadas, regulación fisiológica y modificaciones asociadas a la experiencia [20, 21].

Desde la hipótesis de este libro, las ventajas y limitaciones de las respuestas automáticas ayudan a precisar el problema que se encuentra detrás de la transición conceptual entre el preinstinto y el instinto. La conservación de respuestas funcionales puede contribuir a explicar cómo determinados organismos están predispuestos a actuar sin tener que aprender individualmente todos los componentes de su conducta. Pero esa posibilidad no demuestra que exista una etapa universal denominada preinstinto, ni permite considerar cualquier mecanismo automático como un antecedente directo del instinto. Para sostener una relación evolutiva concreta sería necesario identificar los mecanismos implicados y aportar evidencias que permitan reconstruir su historia.

Las respuestas automáticas muestran así una característica fundamental de la organización biológica: la eficacia funcional depende del equilibrio entre estabilidad y flexibilidad. Una respuesta suficientemente estable puede facilitar la actuación en circunstancias recurrentes; una capacidad de modificación puede resultar importante cuando cambian las condiciones o cuando la experiencia aporta información relevante. Ninguno de estos rasgos es universalmente superior al otro. Su valor depende de las exigencias del entorno y de las posibilidades funcionales de cada organismo.

La cuestión que queda abierta no es, por tanto, si las respuestas automáticas son mejores o peores que las respuestas modificables, sino cómo se relacionan ambas en las distintas historias evolutivas. Comprender esta relación permitirá examinar en el siguiente apartado las continuidades y discontinuidades entre los niveles de organización biológica y las capacidades conductuales, evitando suponer que todas las formas de respuesta se originaron mediante una progresión única y necesaria.

5.5. CONTINUIDADES Y DISCONTINUIDADES EVOLUTIVAS

La evolución de la conducta no puede entenderse como una sucesión rígida de etapas en la que cada forma de respuesta desaparece al surgir otra más compleja. Los organismos actuales conservan mecanismos de regulación y respuesta de distinta antigüedad evolutiva, que pueden coexistir e interactuar. Algunas conductas dependen en gran medida de predisposiciones heredadas; otras incorporan modificaciones derivadas del aprendizaje, de la experiencia individual o de las condiciones ambientales. La relación entre genética, desarrollo y entorno impide reducir la conducta a una causa única y obliga a considerar la diversidad de mecanismos que participan en su formación [16, 17, 18].

Desde esta perspectiva, las continuidades evolutivas permiten reconocer cómo determinadas estructuras y funciones pueden conservarse, modificarse o adquirir nuevos cometidos a lo largo de la historia de los organismos. Los circuitos nerviosos implicados en la producción y regulación del movimiento, por ejemplo, muestran que ciertas capacidades conductuales se apoyan en mecanismos organizados cuya actividad puede ajustarse mediante señales sensoriales y sistemas de control. Su existencia no demuestra que todas las conductas complejas procedan de una misma secuencia ancestral, pero sí ilustra que la evolución puede transformar sistemas anteriores sin tener que construir cada capacidad desde cero. [20, 21]

Las discontinuidades, por su parte, aluden a la aparición de nuevas formas de organización o a cambios funcionales que modifican de manera

significativa las posibilidades de un organismo. No es necesario interpretarlas como rupturas absolutas con el pasado biológico. Una capacidad nueva puede surgir de la reorganización de mecanismos existentes, de la incorporación de otros componentes o de cambios en las relaciones entre el organismo y su entorno. La novedad evolutiva puede ser, por tanto, una transformación de la organización previa y no necesariamente la aparición de un mecanismo completamente independiente.

Esta distinción resulta importante al examinar el paso de las respuestas automáticas a conductas moduladas por la experiencia. La predisposición heredada no excluye la modificación individual, del mismo modo que el aprendizaje no elimina las bases biológicas sobre las que se desarrolla. En numerosos organismos, ambos componentes interactúan, aunque su importancia relativa varía según la especie, la capacidad examinada y las condiciones ambientales. Por ello, no cabe establecer una frontera universal entre conducta instintiva y conducta aprendida sin atender a las características concretas de cada caso. [17, 18, 19]

Dentro del marco hipotético de este ensayo, el concepto de preinstinto pretende llamar la atención sobre una cuestión anterior a la conducta instintiva plenamente reconocible: la posibilidad de que ciertas respuestas funcionales se estabilizaran y conservaran antes de integrarse en sistemas de comportamiento más organizados. Sin embargo, esta formulación debe mantenerse en su condición de propuesta interpretativa. La investigación sobre la evolución de la conducta estudia mecanismos genéticos, procesos de desarrollo y relaciones entre organismo y ambiente, pero no establece una categoría evolutiva universal denominada preinstinto que constituya necesariamente el antecedente de todo instinto. [16, 19]

La utilidad del concepto dependerá, por tanto, de su capacidad para formular preguntas precisas y distinguir fenómenos que puedan investigarse. Será necesario determinar qué significa conservar una respuesta, cómo puede identificarse esa conservación, qué mecanismos la hacen posible y en qué condiciones permite explicar una conducta que no quedaría suficientemente descrita mediante conceptos ya establecidos. Sin estas distinciones, el preinstinto correría el riesgo de convertirse en una etiqueta general aplicada retrospectivamente a cualquier forma de organización biológica anterior al instinto.

Con este capítulo no se pretende demostrar que la evolución haya seguido una secuencia única desde la autorregulación hasta la conducta instintiva. Se propone, más modestamente, examinar si la persistencia de determinadas respuestas, su estabilización y su integración en sistemas funcionales pueden ayudar a comprender algunos de los procesos que hicieron posibles

formas de comportamiento heredado. La hipótesis deberá evaluarse por su coherencia con los conocimientos existentes y por la posibilidad de precisar sus límites, no por su capacidad para construir una narración evolutiva aparentemente continua.

El siguiente paso será estudiar qué ocurre cuando la respuesta biológica deja de depender exclusivamente de una reacción inmediata y comienza a integrar señales, experiencias y relaciones entre acontecimientos. El interés se desplazará así desde la conservación de respuestas hacia la posibilidad de modificarlas, anticipar situaciones y ajustar la conducta a condiciones cambiantes. No se presupone con ello que la anticipación conduzca necesariamente a la conciencia, sino que se abre una nueva cuestión: ¿hasta qué punto puede un organismo utilizar la información disponible para preparar una respuesta antes de que la situación que la requiere se haya completado?

Referencias al quinto capítulo:

[9] Hancock, E. J., Ang, J., Papachristodoulou, A. y Stan, G.-B. (2017). "The Interplay between Feedback and Buffering in Cellular Homeostasis". Cell Systems, 5(5), 498–508.e23. https://doi.org/10.1016/j.cels.2017.09.013

[10] Heylighen, F., Beigi, S. y Busseniers, E. (2022). "The role of self-maintaining resilient reaction networks in the origin and evolution of life". BioSystems, 219, 104720. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2022.104720

[15] Shis, D. L., Bennett, M. R. e Igoshin, O. A. (2018). "Dynamics of Bacterial Gene Regulatory Networks". Annual Review of Biophysics, 47, 447–467. https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-070317-032947

[16] Arguello, J. R. y Benton, R. (2017). "Open questions: Tackling Darwin's 'instincts': the genetic basis of behavioral evolution". BMC Biology, 15, artículo 26. https://doi.org/10.1186/s12915-017-0369-3

[17] Bendesky, A. y Bargmann, C. I. (2011). "Genetic contributions to behavioural diversity at the gene–environment interface". Nature Reviews Genetics, 12, 809–820. https://doi.org/10.1038/nrg3065.

[18] Niepoth, N. y Bendesky, A. (2020). "How Natural Genetic Variation Shapes Behavior". Annual Review of Genomics and Human Genetics, 21, 437–463. https://doi.org/10.1146/annurev-genom-111219-080427.

[19] Blumberg, M. S. (2017). "Development evolving: The origins and meanings of instinct". WIREs Cognitive Science, 8, e1371. https://doi.org/10.1002/wcs.1371.

[20] Roberts, R. J. V., Pop, S. y Prieto-Godino, L. L. (2022). "Evolution of central neural circuits: state of the art and perspectives". Nature Reviews Neuroscience, 23, 725–743. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00644-y.

[21] Goulding, M. (2009). "Circuits controlling vertebrate locomotion: moving in a new direction". Nature Reviews Neuroscience, 10, 507–518. https://doi.org/10.1038/nrn2608
[23] Porter, S. L., Wadhams, G. H. y Armitage, J. P. (2011). "Signal processing in complex chemotaxis pathways". Nature Reviews Microbiology, 9, 153–165. https://doi.org/10.1038/nrmicro2505.

PARTE 2

DE LA REACCIÓN A LA CONCIENCIA

CAPÍTULO VI

De la Reacción a la Anticipación

6.1. DE LA RESPUESTA INMEDIATA A LA INTEGRACIÓN DE SEÑALES

Una respuesta biológica puede parecer, a primera vista, una reacción directa ante un estímulo concreto. Sin embargo, numerosos procesos muestran que la actividad de un organismo depende de la relación entre distintas señales, de su estado fisiológico y de los mecanismos que permiten interpretar los cambios del entorno. La respuesta no siempre está determinada por un acontecimiento aislado, sino por la información que el sistema puede obtener y combinar en unas circunstancias determinadas. Esta distinción permite avanzar desde el estudio de las respuestas funcionales hacia el análisis de formas de organización biológica capaces de integrar señales diversas.

Incluso en organismos sin sistema nervioso existen mecanismos que transforman las señales ambientales en respuestas coordinadas. Las bacterias, por ejemplo, pueden detectar cambios en la concentración de sustancias químicas y ajustar su movimiento en función de las condiciones del medio. En determinados sistemas, las señales procedentes del entorno se integran con información relacionada con el estado metabólico de la propia célula. La respuesta resultante no depende únicamente de la presencia de una sustancia, sino también de cómo los mecanismos celulares detectan y procesan sus variaciones [23]. Estos procesos muestran que la integración de señales no es una capacidad exclusiva de los animales ni requiere necesariamente un sistema nervioso.

Con la evolución de los sistemas nerviosos aparecieron nuevas posibilidades de coordinación. La información procedente de diferentes receptores sensoriales puede converger en circuitos neuronales que combinan señales y modifican la respuesta del organismo. En los animales, esta integración puede contribuir a reconocer acontecimientos, ajustar la conducta y responder con mayor rapidez o precisión cuando varias señales aportan información complementaria. La investigación sobre integración multisensorial ha mostrado que la combinación de estímulos puede alterar tanto la actividad neuronal como el comportamiento observable [24, 25]. No obstante, estos mecanismos varían entre especies y sistemas nerviosos, por lo que no deben interpretarse como una estructura universal ni como una progresión idéntica en todos los linajes evolutivos.

La integración de señales también ayuda a explicar por qué un mismo estímulo puede producir respuestas diferentes según las circunstancias. Una señal externa puede adquirir distinto significado funcional en función del estado fisiológico del organismo, de la información que aportan otros estímulos y de las condiciones en las que se produce. En consecuencia, la respuesta no depende exclusivamente de lo que sucede en el entorno, sino de la relación entre ese acontecimiento y la organización del sistema que lo recibe. Esta relación introduce una complejidad que no puede describirse adecuadamente mediante una correspondencia rígida entre un estímulo y una acción.

Conviene distinguir, sin embargo, entre integrar señales y anticipar acontecimientos. Un sistema puede combinar información disponible para ajustar una respuesta presente sin representar necesariamente lo que sucederá después. La integración permite que distintas señales influyan conjuntamente en la actividad del organismo; la anticipación, que examinaremos más adelante, plantea una cuestión adicional: cómo la información disponible puede utilizarse para preparar una respuesta ante una condición que todavía no se ha completado. Ambas capacidades pueden relacionarse, pero no son equivalentes y no deben confundirse.

Esta distinción resulta importante para la hipótesis general de este libro. La evolución de la conducta puede estudiarse atendiendo a cómo los organismos detectan señales, coordinan sus efectos y modifican sus respuestas en función de las condiciones presentes. A partir de ahí cabe investigar cómo determinados sistemas incorporan información procedente de experiencias anteriores y cómo pueden utilizar regularidades del entorno para ajustar su actividad. Sin embargo, no es necesario suponer que todos estos procesos forman una secuencia evolutiva única ni que la integración de señales conduzca inevitablemente a la aparición de aprendizaje, anticipación o conciencia.

Desde el marco interpretativo propuesto en esta obra, la integración de señales representa un paso conceptual relevante porque permite comprender la respuesta biológica como el resultado de relaciones funcionales entre diferentes componentes de un sistema. La conducta deja de describirse únicamente como una reacción aislada y pasa a examinarse como una actividad condicionada por múltiples fuentes de información. Esta perspectiva no demuestra por sí misma la existencia de una capacidad cognitiva superior, pero ayuda a formular preguntas más precisas sobre los mecanismos que hacen posible la modificación de las respuestas.

El siguiente problema consiste en comprender cómo la experiencia puede alterar esos mecanismos y producir diferencias en la conducta posterior. Si

un organismo responde de manera distinta después de haber atravesado determinadas condiciones, es necesario investigar qué procesos permiten conservar los efectos de esa experiencia y en qué circunstancias influyen sobre las respuestas futuras. Esta cuestión conduce al apartado siguiente, dedicado al aprendizaje y a la modificación de la conducta.

6.2. APRENDIZAJE Y MODIFICACIÓN DE LA CONDUCTA

El aprendizaje introduce una diferencia fundamental en la relación entre el organismo y su entorno: la experiencia puede modificar la manera en que el individuo responde a situaciones posteriores. Mientras que una respuesta inmediata puede producirse a partir de mecanismos ya disponibles, el aprendizaje permite que la exposición a determinados acontecimientos altere la probabilidad, la intensidad o la forma de respuestas futuras. Esta modificación no exige necesariamente una deliberación consciente. En numerosas especies, pueden identificarse cambios conductuales asociados a la experiencia sin que sea necesario atribuir al organismo una comprensión reflexiva de lo sucedido.

Una de las formas más elementales de aprendizaje es la modificación de la respuesta ante la repetición de un estímulo. La habituación consiste, en términos generales, en una disminución de la respuesta cuando un estímulo se presenta repetidamente y deja de aportar información relevante en determinadas condiciones. La sensibilización, por el contrario, puede aumentar la respuesta posterior a un estímulo tras una experiencia intensa o significativa. Estos procesos muestran que la conducta no depende exclusivamente de las características inmediatas del estímulo: también puede verse modificada por la historia reciente del organismo. Su interpretación requiere distinguir el aprendizaje de otros cambios producidos por la fatiga, la adaptación sensorial o las alteraciones fisiológicas [26].

Otra forma de aprendizaje aparece cuando el organismo establece relaciones entre acontecimientos. En el condicionamiento clásico, una señal que inicialmente no provoca una respuesta específica puede llegar a desencadenarla después de asociarse repetidamente con otro acontecimiento biológicamente relevante. En el condicionamiento operante, la frecuencia de una conducta puede modificarse en función de las consecuencias que la siguen. Aunque ambos procesos permiten estudiar cómo la experiencia altera la conducta, no son idénticos: en uno resulta central la relación aprendida entre estímulos; en el otro, la relación entre una acción y sus consecuencias. Estas formas de aprendizaje han sido estudiadas en numerosos grupos animales, incluidos invertebrados, lo que permite investigar algunos de sus mecanismos sin presuponer capacidades cognitivas iguales en todas las especies [27, 28].

La modificación de la conducta puede apoyarse en cambios en la actividad de los sistemas nerviosos. La experiencia puede alterar la eficacia de determinadas conexiones neuronales, la excitabilidad de las células y la organización funcional de los circuitos que intervienen en una respuesta. La plasticidad neuronal constituye uno de los mecanismos investigados en diferentes formas de aprendizaje y memoria, aunque no existe un único proceso que explique todas las modificaciones conductuales. Los mecanismos implicados varían según la especie, el tipo de aprendizaje, la duración de sus efectos y los sistemas nerviosos que participan [29]. Por ello, no sería correcto reducir el aprendizaje a un único cambio neuronal ni suponer que todos los organismos aprenden mediante mecanismos idénticos.

La experiencia también puede modificar la conducta sin que sea necesario que el individuo descubra por sí solo todas las relaciones relevantes. En determinadas especies, los animales pueden aprender observando a otros individuos, aprovechando información obtenida a través de sus acciones o de las consecuencias que experimentan. Este aprendizaje social permite que ciertas modificaciones conductuales se produzcan a partir de información disponible en el entorno social, aunque sus mecanismos y su alcance dependen de la especie y de la conducta estudiada. La observación de una acción tampoco demuestra por sí sola que el observador comprenda las intenciones de quien la realiza [30].

Estas formas de aprendizaje permiten distinguir entre la conservación de una predisposición biológica y la modificación individual de una respuesta. La herencia contribuye a establecer las capacidades sensoriales, fisiológicas y nerviosas sobre las que puede actuar la experiencia, pero no determina de manera invariable todos los resultados conductuales. Del mismo modo, el aprendizaje no parte de una organización biológica vacía: depende de mecanismos previos que hacen posible detectar señales, establecer relaciones y modificar la actividad del organismo. La conducta resulta, por tanto, de una interacción entre predisposiciones biológicas, desarrollo, experiencia y condiciones ambientales.

Desde la hipótesis general de este libro, el aprendizaje plantea una cuestión relevante: cómo una experiencia concreta puede influir sobre respuestas posteriores y contribuir a modificar la relación del organismo con el entorno. La experiencia no necesita transformar por completo la organización biológica para producir una diferencia funcional. En ocasiones, una modificación limitada de un mecanismo sensorial, fisiológico o nervioso puede alterar la respuesta que aparece ante una situación determinada. El interés reside en comprender qué información se conserva, mediante qué mecanismos se mantiene y bajo qué condiciones puede influir de nuevo en la conducta.

No obstante, la modificación de una respuesta después de una experiencia no implica necesariamente que el organismo anticipe de forma consciente un acontecimiento futuro. Un animal puede aprender que una señal precede habitualmente a otra y modificar su conducta cuando aparece la primera, sin que ello permita concluir que representa el futuro del mismo modo que un ser humano cuando reflexiona sobre lo que va a suceder. La existencia de relaciones aprendidas entre acontecimientos constituye una base importante para estudiar la predicción biológica, pero la naturaleza de los procesos implicados debe analizarse atendiendo a la especie y al mecanismo concreto [27, 28].

El aprendizaje tampoco garantiza una adaptación favorable en todas las circunstancias. Una respuesta aprendida puede resultar eficaz mientras se mantienen las condiciones en las que se adquirió y perder utilidad cuando estas cambian. Algunas asociaciones pueden modificarse o extinguirse, y determinadas experiencias pueden generar respuestas que dificulten la actuación en otros contextos. La experiencia amplía las posibilidades de ajuste conductual, pero sus resultados dependen de la información disponible, de los mecanismos de aprendizaje y de las condiciones en las que se utiliza lo aprendido.

La modificación de la conducta permite, en definitiva, comprender que la relación entre organismo y entorno no consiste únicamente en responder a las condiciones presentes. La experiencia puede alterar las respuestas posteriores y establecer relaciones funcionales entre acontecimientos que antes no producían el mismo efecto. Este fenómeno abre la posibilidad de investigar cómo los organismos utilizan regularidades previamente experimentadas para ajustar su comportamiento ante señales que anuncian situaciones relevantes. El siguiente apartado abordará esa cuestión desde el concepto de predicción biológica y anticipación, distinguiendo los mecanismos que permiten preparar una respuesta de las formas de previsión consciente.

6.3. PREDICCIÓN BIOLÓGICA Y ANTICIPACIÓN

La anticipación introduce una diferencia significativa en la relación entre un organismo y su entorno: la posibilidad de modificar la actividad presente a partir de señales que permiten prepararse para acontecimientos posteriores. Mientras que una respuesta reactiva comienza cuando se produce una alteración que el organismo debe afrontar, una respuesta anticipatoria puede iniciarse antes de que esa alteración llegue a manifestarse plenamente. Esta diferencia no implica que el organismo conozca el futuro, sino que determinados mecanismos biológicos aprovechan regularidades del entorno para ajustar su funcionamiento a condiciones que todavía no se han presentado [31].

La anticipación biológica puede observarse incluso en organismos carentes de sistema nervioso. Un ejemplo relevante procede de la investigación con bacterias y levaduras expuestas a secuencias ambientales recurrentes. En determinadas condiciones, estos microorganismos pueden asociar señales que aparecen al principio de una secuencia con otras condiciones que suelen presentarse después. Cuando el patrón ambiental es suficientemente regular, la primera señal puede activar mecanismos que preparan al organismo para afrontar la siguiente. Los estudios realizados con Escherichia coli y Saccharomyces cerevisiae mostraron que determinadas redes reguladoras pueden anticipar cambios ambientales previsibles y que esa preparación puede proporcionar ventajas funcionales [32].

Estos resultados requieren una interpretación precisa. No indican que las bacterias o las levaduras imaginen un acontecimiento futuro ni que comprendan la relación entre las señales. La anticipación descrita se produce mediante mecanismos reguladores cuya organización permite que una señal presente active procesos útiles ante una condición posterior. La preparación puede consistir, por ejemplo, en modificar la expresión de determinados genes antes de que aparezca el cambio ambiental para el que esos genes resultarán necesarios. En este sentido, anticipar significa disponer de una respuesta preparatoria basada en regularidades previamente establecidas, no poseer una representación consciente del futuro [31, 32].

La existencia de estos mecanismos permite distinguir entre reacción inmediata y regulación anticipatoria. En una regulación puramente reactiva, el sistema detecta una alteración y pone en marcha una respuesta para compensarla o afrontarla. En una regulación anticipatoria, determinadas señales pueden activar una parte de la respuesta antes de que se produzca la alteración relevante. Ambos mecanismos pueden coexistir y complementarse: la preparación previa puede reducir el tiempo necesario para responder, mientras que los mecanismos reactivos permiten ajustar la actividad cuando las condiciones reales se manifiestan. No obstante, no todos los procesos biológicos preparatorios constituyen anticipación en el mismo sentido; para establecerlo es necesario demostrar una relación funcional entre las señales previas, la respuesta anticipada y las condiciones posteriores [31].

En los animales, la anticipación puede implicar mecanismos más variados. Los ciclos ambientales, la regularidad temporal de ciertos acontecimientos y las asociaciones aprendidas permiten ajustar la atención, la actividad fisiológica o la conducta antes de que aparezca un estímulo esperado. Los sistemas nerviosos pueden utilizar la información procedente de experiencias anteriores para modificar el procesamiento de señales posteriores. En la percepción, por ejemplo, las expectativas sobre cuándo puede producirse un

acontecimiento influyen en la distribución temporal de la atención y en la preparación de las respuestas. Estos procesos han sido estudiados en humanos y otros animales, aunque sus mecanismos y manifestaciones dependen de las tareas, las señales y los sistemas implicados [33, 34].

La predicción biológica no debe confundirse, sin embargo, con una capacidad infalible para prever lo que sucederá. Una regularidad ambiental solo permite orientar una respuesta cuando las relaciones entre señales y acontecimientos mantienen suficiente estabilidad. Si el patrón cambia, la preparación puede resultar inadecuada o incluso perjudicial. La anticipación depende, por tanto, de las condiciones en las que se ha establecido la relación predictiva y de la capacidad del organismo para modificar sus respuestas cuando la experiencia deja de confirmar esa relación. En los sistemas nerviosos, las diferencias entre lo esperado y lo que finalmente sucede pueden contribuir a revisar expectativas y ajustar la conducta posterior [34].

Desde el punto de vista evolutivo, las respuestas anticipatorias pueden ofrecer ventajas cuando los cambios ambientales siguen patrones suficientemente regulares. Preparar con antelación determinados procesos metabólicos, fisiológicos o conductuales puede reducir retrasos y mejorar el ajuste del organismo a su entorno. No obstante, esa ventaja no es universal: una preparación basada en señales poco fiables puede consumir recursos innecesariamente o inducir una respuesta inadecuada. La utilidad de la anticipación depende de la relación entre la regularidad del ambiente, el coste de prepararse y las consecuencias de actuar antes de que se produzca el acontecimiento esperado [31, 32].

La anticipación también plantea una cuestión importante sobre la información que los organismos conservan de sus interacciones anteriores con el medio. Para que una señal presente pueda activar una respuesta preparatoria, debe existir algún mecanismo que permita establecer o mantener una relación funcional entre esa señal y las condiciones posteriores. En unos casos, esa relación puede depender de la organización heredada de las redes reguladoras y de su historia evolutiva; en otros, puede modificarse mediante el aprendizaje individual. No conviene reducir estos procesos a un único tipo de memoria, porque los mecanismos moleculares, fisiológicos y nerviosos que intervienen pueden ser diferentes. Lo relevante es que la información disponible, cualquiera que sea el soporte que la conserva, pueda influir en la actividad presente del organismo [31, 32].

Desde la hipótesis general de este libro, la anticipación permite examinar una transformación funcional: la respuesta deja de estar limitada a afrontar una alteración una vez producida y puede comenzar a prepararse a partir de

indicios que anuncian condiciones posteriores. Esta transformación no demuestra por sí misma la aparición de conciencia ni establece una secuencia evolutiva única desde los mecanismos celulares hasta la cognición humana. Sí permite investigar cómo la integración de señales, la experiencia y la organización de los sistemas biológicos pueden contribuir a preparar respuestas ante situaciones previsibles.

La cuestión decisiva será determinar qué diferencia una respuesta preparatoria de una predicción en sentido más elaborado. En los organismos sin sistema nervioso, la anticipación puede describirse mediante relaciones reguladoras y cambios funcionales verificables. En los animales con sistemas nerviosos, pueden estudiarse además los procesos que relacionan las expectativas con la percepción, la atención, el aprendizaje y la acción. Estas diferencias no justifican establecer una frontera absoluta entre mecanismos simples y complejos, pero sí exigen distinguir los niveles de organización y evitar atribuir a todos ellos las mismas capacidades.

La predicción biológica muestra, en definitiva, que algunos organismos pueden utilizar regularidades del pasado y señales del presente para preparar su actividad ante acontecimientos posteriores. Este fenómeno amplía el estudio de la conducta más allá de la reacción inmediata, pero no debe identificarse automáticamente con la previsión consciente. El siguiente apartado abordará una capacidad relacionada, aunque distinta: la intuición como procesamiento de información, examinando cómo una respuesta puede surgir de la integración de experiencias y señales sin que todos los procesos que la originan sean accesibles a la deliberación consciente.

6.4. LA INTUICIÓN COMO PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

La intuición puede entenderse como una forma de procesamiento mediante la cual el organismo o la persona llega a una valoración, una respuesta o una expectativa sin recorrer necesariamente, de manera consciente, todos los pasos que permitirían justificarla. En la experiencia cotidiana, esta capacidad suele manifestarse como una impresión inmediata: algo parece familiar, una situación despierta desconfianza o una posible solución se presenta antes de que podamos explicar por qué. Sin embargo, la rapidez de una respuesta no significa que haya surgido de la nada. Puede ser el resultado de asociaciones, aprendizajes previos y señales que el sistema cognitivo integra sin hacer explícito todo el proceso. La investigación sobre el cerebro predictivo ha estudiado cómo la información que recibimos activa representaciones almacenadas en la memoria y genera expectativas que influyen en la interpretación de lo que percibimos [35].

Esta interpretación permite relacionar la intuición con los mecanismos de anticipación tratados en el apartado anterior, aunque ambos conceptos no son equivalentes. La anticipación describe la preparación de una respuesta ante un acontecimiento esperado; la intuición, en cambio, alude a una forma de valoración o comprensión que puede aparecer sin deliberación consciente. Una persona puede anticipar que va a llover porque reconoce determinados indicios atmosféricos y, al mismo tiempo, intuir que una situación social es desfavorable sin identificar de inmediato las señales concretas que han producido esa impresión. En ambos casos pueden intervenir la experiencia acumulada y la detección de regularidades, pero la naturaleza de la respuesta y las pruebas necesarias para estudiarla son diferentes.

La psicología cognitiva distingue entre procesos rápidos y automáticos y otros más lentos, deliberados y conscientes. Esta distinción resulta útil para estudiar la intuición, siempre que no se convierta en una separación absoluta entre dos sistemas independientes. Los procesos implícitos son diversos y pueden influir en el razonamiento consciente, orientando la atención, la interpretación y la toma de decisiones antes de que la persona examine de forma deliberada las razones de su elección [36].

Por tanto, que una conclusión aparezca de manera espontánea no demuestra que sea irracional; tampoco demuestra que sea correcta. Su fiabilidad dependerá, entre otros factores, de la experiencia previa, de la regularidad del entorno y de la semejanza entre la situación actual y aquellas en las que se adquirió ese aprendizaje.

Las heurísticas constituyen un ejemplo relevante de esta economía cognitiva. Son procedimientos que permiten realizar juicios o tomar decisiones utilizando una parte de la información disponible, sin analizar necesariamente todas las variables posibles. Aunque pueden ahorrar tiempo y esfuerzo, no deben considerarse simples errores o atajos defectuosos: bajo determinadas condiciones, una regla sencilla puede producir decisiones eficaces; en otras, puede conducir a conclusiones equivocadas [37].

La intuición, por tanto, no debería tratarse como una facultad infalible ni como una fuente de conocimiento ajena a los mecanismos cognitivos. Es más prudente estudiarla como un resultado posible de procesos que combinan experiencia, asociaciones, selección de señales y evaluación rápida.

Desde la perspectiva de este ensayo, cabe plantear que la intuición representa una forma de aprovechamiento de información acumulada que permite responder antes de que exista una explicación consciente completa. Esta formulación es una interpretación de conjunto, no una definición

científica universal ni la afirmación de que todas las intuiciones procedan del mismo mecanismo. En ocasiones, una impresión rápida puede apoyarse en una experiencia amplia que la persona no sabe expresar con palabras; en otras, puede depender de prejuicios, asociaciones poco fiables o señales interpretadas erróneamente. La diferencia solo puede establecerse examinando las condiciones en que aparece la respuesta y contrastando sus resultados.

También es necesario distinguir entre procesar información sin conciencia explícita y poseer una intuición tal como la experimenta un ser humano. La existencia de mecanismos automáticos de selección, asociación o anticipación no permite atribuir por sí sola una experiencia subjetiva a cualquier organismo que los presente. Del mismo modo, no toda respuesta humana no deliberada tiene que considerarse intuitiva en el sentido habitual del término. Esta cautela resulta fundamental para evitar que la continuidad entre procesos biológicos y cognitivos se convierta, sin pruebas suficientes, en una equivalencia entre ellos.

La intuición adquiere especial relevancia cuando las señales disponibles son incompletas, el tiempo para decidir es limitado o la experiencia permite reconocer regularidades que todavía no se han formulado de manera explícita. No sustituye necesariamente al análisis consciente: puede orientarlo, proponer una primera interpretación o advertir de una posible dificultad que después deberá comprobarse. En ese sentido, la intuición puede funcionar como una vía de acceso a una respuesta provisional, mientras que la deliberación permite examinarla, corregirla o rechazarla.

La cuestión que se abre a continuación es cómo se combinan estos mecanismos y por qué las respuestas pueden adquirir grados diferentes de complejidad. Desde las reacciones relativamente simples hasta las decisiones humanas que integran percepción, aprendizaje, anticipación, emoción y razonamiento, no encontramos una única operación que explique todos los casos, sino distintas formas de organización y coordinación. Examinar esa diversidad permitirá valorar la complejidad creciente de las respuestas sin presuponer una progresión inevitable ni confundir la eficacia de una conducta con la presencia de conciencia.

6.5. LA COMPLEJIDAD CRECIENTE DE LAS RESPUESTAS

Las respuestas de los organismos no se diferencian únicamente por su rapidez o por la intensidad con la que se manifiestan, sino también por la cantidad y la diversidad de procesos que pueden intervenir en su organización. Una reacción puede depender de una señal concreta; otra, de la

combinación de varios estímulos, del estado fisiológico del organismo, de experiencias anteriores o de las condiciones en las que se produce. A medida que se coordinan diferentes mecanismos, la conducta puede adquirir una mayor flexibilidad, ajustarse a situaciones cambiantes y producir respuestas que no se explican atendiendo a un solo estímulo aislado. Sin embargo, esta complejidad no debe confundirse automáticamente con una mayor inteligencia ni con la presencia de conciencia.

En los organismos unicelulares, la regulación de la actividad puede integrar señales del entorno y del propio estado celular sin intervención de un sistema nervioso. En los animales, la aparición y diversificación de los sistemas nerviosos hizo posibles nuevas formas de coordinación entre la percepción, la actividad interna y el movimiento. La evolución de estos sistemas no siguió necesariamente una trayectoria única: los estudios comparativos muestran una diversidad de organizaciones neuronales y de soluciones evolutivas, cuya historia todavía plantea preguntas abiertas [20, 38]. Por ello, resulta más preciso hablar de distintas formas de organización biológica que de una escala universal en la que todos los seres vivos ocuparían posiciones sucesivas.

La integración de información constituye uno de los mecanismos que permiten explicar esta diversidad. Cuando diferentes señales convergen e interactúan, la respuesta resultante puede variar respecto de la que provocaría cada señal por separado. En el sistema nervioso, la integración multisensorial puede modificar la percepción de un acontecimiento, influir en la valoración de su importancia y facilitar una respuesta adecuada a las circunstancias [24, 25]. No obstante, integrar más señales no garantiza por sí mismo una decisión mejor: el resultado depende de la fiabilidad de la información, de su relevancia y de la forma en que el organismo la procesa.

El aprendizaje introduce otra dimensión. La experiencia puede modificar las respuestas posteriores, reforzar determinadas asociaciones, reducir la reacción ante estímulos repetidos o facilitar la adquisición de nuevas conductas [26, 27, 29]. En algunas especies, el aprendizaje social permite además incorporar información procedente de otros individuos, sin que cada experiencia tenga que ser descubierta de manera independiente [30]. Estos mecanismos amplían las posibilidades de adaptación, pero no eliminan la influencia de las predisposiciones heredadas ni garantizan que lo aprendido resulte beneficioso en cualquier contexto.

La anticipación y la intuición añaden otras posibilidades a este panorama. La primera permite que ciertas señales presentes preparen al organismo para condiciones que todavía no se han producido, siempre que exista una relación funcional entre esas señales y los acontecimientos posteriores [31,

32]. La segunda, en el ámbito de la cognición humana, puede expresar el resultado de asociaciones y aprendizajes que influyen en una valoración sin que todos sus pasos sean accesibles a la conciencia [35, 36]. Ambas ilustran cómo una respuesta puede depender de información que no está contenida exclusivamente en el estímulo inmediato. Pero conviene mantener la distinción: la preparación biológica ante un acontecimiento, la valoración intuitiva y la predicción deliberada no son procesos equivalentes, aunque puedan compartir algunos principios generales de procesamiento.

Desde la perspectiva de este ensayo, cabe proponer que una parte fundamental de la complejidad conductual reside en la capacidad de combinar mecanismos que, considerados por separado, ofrecen posibilidades más limitadas. La regulación del estado interno, la selección de señales, la modificación por experiencia y la preparación ante situaciones previsibles pueden interactuar y generar respuestas más flexibles. Esta formulación constituye una interpretación general apoyada en investigaciones sobre regulación, aprendizaje y organización neural, pero no implica que todos esos mecanismos aparecieran juntos ni que su evolución respondiera a un propósito predeterminado.

Tampoco debe suponerse que la complejidad evolutiva consista siempre en añadir nuevas estructuras o acumular más información. En determinadas circunstancias, una respuesta sencilla puede ser más eficaz que otra más elaborada; en otras, una mayor capacidad de integración puede permitir afrontar situaciones variables, pero también introducir nuevas posibilidades de error. La evolución conserva y modifica soluciones sometidas a condiciones concretas, no una escala abstracta de perfección. La diversidad de los sistemas nerviosos y de las conductas que hacen posibles refuerza la necesidad de estudiar cada mecanismo dentro de su contexto biológico [20, 38].

El límite conceptual más importante aparece cuando intentamos pasar de la complejidad de una respuesta a la explicación de la conciencia. Una conducta flexible, una anticipación eficaz o una decisión basada en numerosos indicios no demuestran por sí solas que exista experiencia subjetiva. Para estudiar la conciencia es necesario formular preguntas específicas sobre los procesos y las evidencias que permitirían distinguirla de otras formas de regulación y procesamiento. La complejidad puede formar parte de las condiciones que hacen posibles determinadas capacidades cognitivas, pero no basta para establecer por sí misma cuándo ni cómo surge la experiencia consciente.

Con este apartado concluye el recorrido del capítulo desde la respuesta inmediata hasta la integración de señales, el aprendizaje, la anticipación y la

intuición. El conjunto permite plantear que la conducta no depende exclusivamente de la reacción presente, sino también de mecanismos que conservan los efectos de la experiencia, combinan información y preparan respuestas posibles. La cuestión siguiente será examinar cómo se relacionan estas capacidades con la aparición de la conciencia y qué cambios cualitativos podrían distinguir el procesamiento biológico de la experiencia subjetiva. Ese será el problema central del capítulo VII: De la inteligencia biológica a la conciencia.

Referencias al sexto capítulo:

[20] Roberts, R. J. V., Pop, S. y Prieto-Godino, L. L. (2022). "Evolution of central neural circuits: state of the art and perspectives". Nature Reviews Neuroscience, 23, 725–743. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00644-y.

[23] Porter, S. L., Wadhams, G. H. y Armitage, J. P. (2011). "Signal processing in complex chemotaxis pathways". Nature Reviews Microbiology, 9, 153–165. https://doi.org/10.1038/nrmicro2505.

[24] Stein, B. E. y Stanford, T. R. (2008). "Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron". Nature Reviews Neuroscience, 9, 255–266. https://doi.org/10.1038/nrn2331.

[25] Fetsch, C. R., DeAngelis, G. C. y Angelaki, D. E. (2013). "Bridging the gap between theories of sensory cue integration and the physiology of multisensory neurons". Nature Reviews Neuroscience, 14, 429–442. https://doi.org/10.1038/nrn3503.

[26] Rankin, C. H., Abrams, T., Barry, R. J., Bhatnagar, S., Clayton, D. F., Colombo, J., Coppola, G., Geyer, M. A., Glanzman, D. L., Marsland, S., McSweeney, F. K., Wilson, D. A., Wu, C.-F. y Thompson, R. F. (2009). "Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation". Neurobiology of Learning and Memory, 92(2), 135–138. https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.09.012.

[27] Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). "Theories of Associative Learning in Animals". Annual Review of Psychology, 52, 111–139. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.111.

[28] Hawkins, R. D. y Byrne, J. H. (2015). "Associative Learning in Invertebrates". Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 7(5), a021709. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a021709.

[29] Schaefer, N. et al. (2017). "The malleable brain: plasticity of neural circuits and behavior – a review from students to students". Journal of Neurochemistry, 142(6), 790–811. https://doi.org/10.1111/jnc.14107.

[30] Carcea, I. y Froemke, R. C. (2019). "Biological mechanisms for observational learning". Current Opinion in Neurobiology, 54, 178–185. https://doi.org/10.1016/j.conb.2018.11.008.

[31] Deans, C. (2021). "Biological Prescience: The Role of Anticipation in Organismal Processes". Frontiers in Physiology, 12, artículo 672457. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.672457.

[32] Mitchell, A., Romano, G. H., Groisman, B., Yona, A., Dekel, E., Kupiec, M., Dahan, O. y Pilpel, Y. (2009). "Adaptive prediction of environmental changes by microorganisms". Nature, 460, 220–224. https://doi.org/10.1038/nature08112.

[33] Nobre, A. C. y van Ede, F. (2018). "Anticipated moments: temporal structure in attention". Nature Reviews Neuroscience, 19, 34–48. https://doi.org/10.1038/nrn.2017.141.

[34] Summerfield, C. y de Lange, F. P. (2014). "Expectation in perceptual decision making: neural and computational mechanisms". Nature Reviews Neuroscience, 15, 745–756. https://doi.org/10.1038/nrn3838.

[35] Bar, M. (2007). "The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions". Trends in Cognitive Sciences, 11(7), 280–289. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.05.005.

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition". Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[37] Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). "Heuristic Decision Making". Annual Review of Psychology, 62, 451–482. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346.

[38] Arendt, D., Tosches, M. A. y Marlow, H. (2016). "From nerve net to nerve ring, nerve cord and brain — evolution of the nervous system". Nature Reviews Neuroscience, 17, 61–72. https://doi.org/10.1038/nrn.2015.15.

CAPÍTULO VII

De la Inteligencia Biológica a la Conciencia

7.1. QUÉ ENTENDEMOS POR CONCIENCIA

Antes de examinar cómo pudo surgir la conciencia, necesitamos precisar qué entendemos por este concepto y distinguirlo de otras capacidades biológicas y cognitivas estudiadas en los capítulos anteriores. La conciencia es un término complejo porque se utiliza para describir fenómenos relacionados, pero no idénticos: el estado de vigilia, la percepción del entorno, la experiencia de sensaciones y pensamientos o la posibilidad de reconocer y examinar los propios estados mentales. Esta diversidad obliga a evitar una definición demasiado amplia que termine confundiendo la conciencia con cualquier forma de actividad biológica.

En primer lugar, debemos distinguir entre estar despierto y tener una experiencia consciente. El estado de vigilia describe una condición general del organismo, mientras que la experiencia consciente se refiere a los contenidos que aparecen en ella: ver un objeto, escuchar un sonido, sentir dolor, recordar una situación o experimentar una emoción. Aunque estos aspectos suelen presentarse relacionados, no son equivalentes. La investigación sobre la conciencia estudia tanto los estados generales en los que puede producirse la experiencia como las condiciones asociadas a sus diferentes contenidos [39].

También es necesario diferenciar la conciencia de la capacidad de procesar información. Un organismo puede detectar cambios en su entorno, responder a señales, regular su actividad interna y modificar su conducta. Como hemos visto, algunos de estos procesos se producen en organismos que carecen de sistema nervioso. Sin embargo, la existencia de una respuesta organizada no demuestra por sí sola que el organismo experimente subjetivamente aquello a lo que responde. El procesamiento de información y la conciencia pueden estar relacionados, pero no debemos considerarlos equivalentes sin argumentos y evidencias adicionales.

Otra distinción importante es la que existe entre tener una experiencia y reconocer explícitamente que se está teniendo. Sentir dolor no equivale necesariamente a reflexionar sobre él, identificar su causa o construir un relato acerca de uno mismo. La capacidad de examinar los propios estados

mentales introduce una dimensión reflexiva que debemos diferenciar de la experiencia consciente en un sentido más básico. Esta distinción será relevante cuando abordemos la relación entre conciencia, memoria y ampliación de las capacidades cognitivas.

En el ámbito científico existen distintas teorías que intentan explicar los mecanismos relacionados con la conciencia. Entre ellas se encuentran las teorías del espacio de trabajo neuronal global, las teorías de orden superior, los enfoques basados en el procesamiento recurrente y la teoría de la información integrada. Estas propuestas difieren en sus planteamientos y en la importancia que atribuyen a determinados procesos; ninguna ha resuelto de manera concluyente todas las cuestiones que plantea la conciencia [39]. Por ello, debemos distinguir entre los fenómenos observados, los mecanismos que se relacionan con ellos y las explicaciones teóricas que intentan interpretarlos.

Para el desarrollo de este ensayo adoptaremos una definición de trabajo: entenderemos por conciencia la existencia de una experiencia subjetiva, es decir, que haya algo que el organismo experimente desde su propia perspectiva. Esta definición no resuelve cómo surge esa experiencia ni determina qué organismos la poseen; establece únicamente el fenómeno que pretendemos investigar. La vigilia, la percepción, la memoria, la integración de información y la capacidad de reflexionar sobre uno mismo podrán estudiarse en relación con la conciencia, pero no serán considerados automáticamente equivalentes a ella.

Esta precisión también impone una cautela: la complejidad de una conducta, la eficacia de una respuesta o la capacidad de procesar numerosas señales no bastan, por sí solas, para demostrar la existencia de experiencia subjetiva. Del mismo modo, no debemos atribuir conciencia a un organismo únicamente porque sus respuestas nos parezcan sofisticadas, ni descartarla por el simple hecho de que no se manifieste de una forma semejante a la humana. Las afirmaciones sobre la presencia de experiencia consciente requieren criterios y evidencias adecuados, y no deben confundirse con interpretaciones basadas exclusivamente en el comportamiento observable.

Esta será la base conceptual del capítulo. En los apartados anteriores hemos examinado cómo los sistemas biológicos regulan su actividad, procesan señales, aprenden y modifican sus respuestas. Ahora debemos estudiar qué relación puede existir entre esas capacidades y la experiencia subjetiva, sin dar por supuesto que una conduce necesariamente a la otra. Antes de intentar explicar su origen, necesitamos mantener clara la diferencia entre la organización de una respuesta y la posibilidad de que esa respuesta esté acompañada por una experiencia vivida.

7.2. LA INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN EN LOS ORGANISMOS

La integración de información constituye un concepto relevante para comprender cómo los organismos coordinan su actividad y cómo determinadas capacidades cognitivas pueden apoyarse en la interacción de distintos procesos. A lo largo de los capítulos anteriores hemos visto que las respuestas biológicas no dependen siempre de una señal aislada: pueden intervenir el estado interno del organismo, las condiciones del entorno, la experiencia acumulada y los mecanismos que regulan su actividad. En este apartado debemos dar un paso más y examinar cómo se combinan esas fuentes de información, prestando especial atención a lo que esa integración permite explicar y a lo que todavía no demuestra acerca de la conciencia.

La integración no aparece exclusivamente en los organismos dotados de sistema nervioso. Una célula puede responder a diferentes señales químicas y físicas, regular sus procesos internos y ajustar su actividad en función de las condiciones que la rodean. Estas respuestas dependen de redes de regulación en las que distintas señales interactúan y modifican la actividad celular. En los organismos pluricelulares, además, la coordinación entre células y tejidos permite relacionar procesos diferentes y mantener el funcionamiento del conjunto. En ninguno de estos casos es necesario atribuir de antemano una experiencia subjetiva a la actividad coordinada: la organización y la regulación biológicas pueden estudiarse mediante sus mecanismos y efectos observables.

Con la evolución de los sistemas nerviosos aparecieron otras posibilidades de integración. En numerosos animales, las señales procedentes de distintos sentidos pueden combinarse con información sobre el movimiento, el estado corporal y las condiciones del entorno. Esta integración multisensorial no consiste simplemente en sumar estímulos, sino en ponderarlos y relacionarlos de manera flexible, según su fiabilidad, su relevancia y el contexto en que se reciben. Las investigaciones sobre el cerebro de los mamíferos muestran que estos procesos dependen de redes distribuidas y de interacciones entre regiones sensoriales y áreas de asociación; sus resultados pueden influir en la percepción y en las decisiones conductuales [40].

Esta capacidad de coordinación adquiere especial interés cuando la información procedente de diferentes procesos puede influir conjuntamente en una misma respuesta. Una señal visual, por ejemplo, puede interpretarse de manera distinta según los sonidos que la acompañen, la posición del cuerpo o las expectativas generadas por experiencias anteriores. El resultado no depende exclusivamente de cada señal por separado, sino de las relaciones que se establecen entre ellas. Esta flexibilidad ayuda a explicar cómo los sistemas nerviosos adaptan la percepción y la conducta a situaciones que cambian continuamente [40].

Sin embargo, debemos distinguir entre integrar información y hacerla accesible a diferentes procesos cognitivos. En el cerebro humano, una parte de la información se procesa de manera especializada y puede influir en la conducta sin llegar a ser comunicada de forma amplia a otros sistemas. Una de las propuestas científicas que intenta explicar la relación entre integración y conciencia es la teoría del espacio de trabajo neuronal global. Según esta hipótesis, cierta información adquiere acceso consciente cuando una representación neuronal se amplifica y queda disponible para múltiples procesos, como la memoria de trabajo, la toma de decisiones y la comunicación verbal [41]. Se trata de una explicación teórica relevante, pero no de una conclusión definitiva sobre la naturaleza de la conciencia: existen otras propuestas y continúan los debates acerca de qué mecanismos son necesarios y cuáles bastan para explicar la experiencia consciente [39, 41].

Esta distinción resulta fundamental para el argumento del libro. Que un organismo integre información no significa necesariamente que sea consciente de ella; que una señal influya en varias funciones tampoco demuestra, por sí solo, que exista una experiencia subjetiva. La integración puede describirse en diferentes niveles de organización biológica, mientras que la conciencia plantea una cuestión adicional: si determinados procesos están acompañados por una experiencia y, en tal caso, qué condiciones permiten que esto ocurra. No debemos convertir una relación posible entre ambos fenómenos en una identidad ya demostrada.

Desde la perspectiva de este ensayo, cabe plantear que la capacidad de relacionar información procedente de distintas fuentes pudo ampliar las posibilidades de regulación y adaptación de los organismos y, en sistemas nerviosos más complejos, contribuir a capacidades cognitivas de mayor alcance. Esta propuesta debe entenderse como una línea de interpretación que requiere distinguir los diferentes mecanismos implicados. No todos los organismos integran información del mismo modo, ni toda forma de integración conduce necesariamente a las mismas capacidades. Tampoco puede afirmarse que exista una progresión universal y lineal desde la regulación celular hasta la conciencia humana.

La integración de información, por tanto, constituye un elemento importante para estudiar la organización biológica y las capacidades cognitivas, pero no resuelve por sí sola el problema de la conciencia. Nos permite investigar cómo se coordinan distintas señales y cómo la información puede influir en procesos diversos; no explica automáticamente por qué una actividad determinada se acompaña de una experiencia subjetiva. Esta cuestión nos conduce al siguiente apartado, en el que examinaremos precisamente la experiencia subjetiva y el problema de su origen.

7.3. LA EXPERIENCIA SUBJETIVA Y EL PROBLEMA DE SU ORIGEN

La experiencia subjetiva constituye uno de los principales problemas en el estudio de la conciencia. Podemos observar la conducta de un organismo, registrar su actividad nerviosa y analizar cómo recibe, procesa y utiliza información. Sin embargo, estas observaciones no nos permiten acceder directamente a lo que ese organismo experimenta desde su propia perspectiva. En el caso humano, cada persona conoce sus propias experiencias de una manera inmediata, mientras que las experiencias de los demás deben estudiarse mediante sus testimonios, su comportamiento y los procesos biológicos asociados. Esta diferencia entre la experiencia en primera persona y la observación externa constituye una dificultad central para la investigación científica de la conciencia [42].

Consideremos el ejemplo del dolor. Es posible estudiar los receptores que detectan determinados estímulos, las vías nerviosas que transmiten señales, las regiones cerebrales que participan en su procesamiento y las respuestas que se producen ante una lesión. Estos conocimientos permiten explicar numerosos aspectos de la detección y el procesamiento del daño. Sin embargo, describir esos mecanismos no equivale necesariamente a explicar por qué el dolor se experimenta como una sensación desagradable. La cuestión no consiste únicamente en comprender qué hace el sistema nervioso, sino también en explicar la dimensión subjetiva que acompaña a determinadas experiencias.

Esta dificultad se conoce habitualmente como el problema difícil de la conciencia, expresión asociada al filósofo David Chalmers. La cuestión consiste en comprender cómo los procesos físicos y biológicos se relacionan con la existencia de una experiencia subjetiva: por qué determinados procesos no se limitan a producir respuestas funcionales, sino que están acompañados por una vivencia [43]. El término identifica un problema filosófico y científico todavía debatido; no demuestra que la conciencia sea independiente del cerebro ni que resulte imposible explicarla. Expresa, ante todo, que la descripción de los mecanismos observables y la explicación de la experiencia vivida no son preguntas idénticas.

La investigación científica ha avanzado en el estudio de las relaciones entre actividad cerebral y experiencia consciente. Los investigadores examinan qué cambios neuronales acompañan a diferentes percepciones, qué alteraciones cerebrales modifican los estados conscientes y qué condiciones permiten que determinados contenidos sean comunicados o reconocidos por una persona. Estos trabajos han permitido formular y contrastar distintas hipótesis sobre los mecanismos de la conciencia, aunque persisten desacuerdos acerca de cómo interpretar los resultados y de qué aspectos

explican realmente [39, 42]. Por ello, conviene distinguir entre identificar correlaciones neuronales, explicar las funciones que desempeñan determinados procesos y resolver la cuestión más profunda de por qué existe experiencia subjetiva.

En el marco de este ensayo, esta diferencia obliga a proceder con cautela. En los apartados anteriores hemos estudiado la regulación biológica, la integración de señales, el aprendizaje y la anticipación. Tales capacidades permiten comprender cómo un organismo modifica su actividad y responde a su entorno. Sin embargo, no podemos concluir que la experiencia subjetiva aparezca automáticamente cuando estos mecanismos se combinan o alcanzan un determinado grado de complejidad. Esa posibilidad forma parte del problema que debemos investigar, no de una conclusión que podamos dar por demostrada.

También debemos reconocer las dificultades que presenta la reconstrucción del origen evolutivo de la conciencia. No disponemos de observaciones directas de las experiencias subjetivas de los organismos ancestrales, ni podemos determinar con precisión cuándo apareció la primera forma de experiencia consciente. Podemos comparar sistemas nerviosos, estudiar capacidades conductuales y formular hipótesis sobre las condiciones biológicas que pudieron favorecer su aparición. Pero la evidencia disponible no permite reconstruir una secuencia completa y universal desde las primeras formas de vida hasta la conciencia humana [39, 43].

Desde la perspectiva de nuestra hipótesis, cabe preguntarse si la experiencia subjetiva pudo aparecer asociada a transformaciones en la organización y coordinación de determinados procesos biológicos. Esta posibilidad permite orientar la investigación hacia las relaciones entre regulación, memoria, percepción y actividad nerviosa. No obstante, debemos mantener separadas dos cuestiones: identificar las condiciones biológicas que pudieron contribuir a la aparición de la conciencia y explicar por qué esas condiciones estarían acompañadas por una experiencia vivida. La primera puede abordarse mediante comparaciones y evidencias empíricas; la segunda continúa planteando dificultades conceptuales que no deben ocultarse bajo una descripción de la complejidad biológica.

El problema de la experiencia subjetiva nos conduce así a una pregunta que atraviesa el conjunto de este libro: ¿qué diferencia a un sistema que procesa información y modifica su conducta de otro cuya actividad está acompañada por una experiencia? No disponemos todavía de una respuesta definitiva que permita resolver todos los casos. Precisamente por eso, la hipótesis que desarrollamos debe avanzar mediante distinciones cuidadosas, preguntas verificables y reconocimiento de sus límites, sin convertir una posibilidad teórica en un hecho establecido.

El siguiente apartado abordará una cuestión más concreta dentro de este recorrido: la posibilidad de que entre el estímulo y la respuesta se produzca una pausa funcional que permita integrar señales, modificar una reacción inmediata o seleccionar entre diferentes respuestas. Estudiaremos qué puede aportar esa capacidad a la explicación de la conducta y, sobre todo, qué límites debemos respetar antes de relacionarla con la aparición de la conciencia.

7.4. LA PAUSA ENTRE EL ESTÍMULO Y LA RESPUESTA

Entre la recepción de un estímulo y la ejecución de una respuesta pueden intervenir procesos que modifican, retrasan o incluso impiden la reacción inicial. En algunos casos, la respuesta es rápida y relativamente automática; en otros, el organismo necesita integrar señales, evaluar las circunstancias o seleccionar entre distintas posibilidades de acción. Esta diferencia nos permite plantear una cuestión importante para el desarrollo de este ensayo: ¿hasta qué punto la capacidad de modificar una respuesta inmediata pudo contribuir a formas más complejas de regulación de la conducta y, posteriormente, a determinadas capacidades cognitivas?

La expresión «pausa entre el estímulo y la respuesta» debe entenderse aquí como una herramienta conceptual, no como la afirmación de que siempre exista un intervalo consciente entre ambos acontecimientos. En numerosas situaciones, la actividad que conduce a una respuesta se desarrolla mediante procesos automáticos, sin deliberación explícita. En otras, intervienen mecanismos de selección, inhibición o ajuste de la conducta. La neurociencia cognitiva ha estudiado estos mecanismos, especialmente en relación con la capacidad humana de detener una acción iniciada, evitar una respuesta inadecuada o modificar un comportamiento cuando cambian las condiciones [44].

La inhibición de una respuesta constituye un ejemplo especialmente relevante. Cuando una persona se dispone a realizar una acción y aparece información que indica que debe detenerse, el sistema nervioso puede intervenir para interrumpir o modificar la conducta prevista. Esta capacidad no depende de un único mecanismo aislado: participan redes neuronales relacionadas con el control de la acción, la atención y la selección de respuestas. Además, no todos los procesos inhibitorios son iguales, ni sus mecanismos pueden reducirse a una única región cerebral [44, 45]. La posibilidad de frenar una reacción automática amplía el repertorio de conductas disponibles, pero no demuestra por sí sola que la persona haya reflexionado conscientemente sobre su decisión.

También es importante distinguir entre la demora física de una respuesta y la evaluación de alternativas. Una reacción puede retrasarse por razones sensoriales, motoras o fisiológicas sin que ello implique una decisión deliberada. En cambio, cuando una tarea requiere comparar información, valorar diferentes opciones o acumular indicios antes de responder, el tiempo adicional puede reflejar procesos de decisión más elaborados. Los estudios sobre decisión perceptiva muestran que el sistema nervioso puede integrar evidencia sensorial antes de seleccionar una respuesta, aunque el funcionamiento concreto depende de la tarea y de las condiciones experimentales [46]. Por tanto, la duración del intervalo no basta para determinar qué procesos han intervenido.

Desde la perspectiva evolutiva, podemos preguntarnos si la capacidad de modular las respuestas inmediatas permitió ampliar progresivamente las posibilidades de adaptación. Un organismo que ajusta su conducta según las condiciones presentes no responde necesariamente de la misma manera ante todos los estímulos semejantes. La información disponible, el estado interno y los mecanismos de regulación pueden alterar el resultado. En los animales con sistemas nerviosos, la selección y la inhibición de acciones pueden favorecer respuestas flexibles ante situaciones en las que una reacción rápida no sería la más adecuada. Sin embargo, esta interpretación no debe convertirse en una secuencia evolutiva universal: las formas de control conductual son diversas y no todas requieren los mismos mecanismos.

En el ser humano, la posibilidad de detener una respuesta, mantener información disponible y considerar distintas alternativas puede intervenir en actividades como la planificación, la resolución de problemas y la evaluación de las consecuencias de una acción. Estas capacidades se relacionan con mecanismos de control cognitivo y con la interacción entre diferentes sistemas cerebrales [44, 46]. No obstante, debemos evitar una conclusión precipitada: la capacidad de inhibir una respuesta no equivale a la conciencia, del mismo modo que una respuesta inmediata no demuestra necesariamente la ausencia de experiencia consciente.

Esta distinción resulta especialmente importante para nuestra hipótesis. Podríamos plantear que, en determinadas circunstancias, la modulación de una respuesta inmediata abre posibilidades para que la información influya de maneras más complejas en la conducta. Pero no disponemos de base suficiente para afirmar que una pausa conductual, por sí sola, origine la conciencia o constituya el momento exacto en que aparece. De hecho, la investigación sobre la inhibición de respuestas sin conciencia explícita ha producido resultados controvertidos: una revisión sistemática de 2023 encontró que las pruebas disponibles no permitían establecer con solidez que la inhibición de respuestas se produjera de forma inconsciente en las

condiciones estudiadas [45]. Esto obliga a distinguir entre los mecanismos que regulan una acción y el grado de conciencia asociado a ellos.

La aportación de este apartado consiste, por tanto, en señalar que la relación entre estímulo y respuesta no siempre puede describirse como una conexión rígida e inmediata. Entre ambos pueden intervenir mecanismos de integración, selección, inhibición y ajuste que modifican el comportamiento. La «pausa» nos sirve para examinar conceptualmente ese espacio funcional, pero no debemos confundirla con un intervalo universal ni atribuirle automáticamente un contenido mental. Su interés reside en las posibilidades que abre para estudiar cómo se regula una respuesta, no en ofrecer por sí misma una explicación completa de la conciencia.

El siguiente apartado abordará una cuestión más amplia: si la conciencia debe entenderse como una ampliación gradual de capacidades previas o si pudo representar, en algún sentido, un cambio cualitativo en la organización de la actividad biológica. Examinaremos esta posibilidad como hipótesis, manteniendo la diferencia entre las transformaciones que podemos estudiar y la explicación todavía abierta de la experiencia subjetiva.

7.5. LA CONCIENCIA COMO POSIBLE CAMBIO CUALITATIVO

En los apartados anteriores hemos distinguido entre la regulación biológica, la integración de información, el aprendizaje, la anticipación y la experiencia subjetiva. Estas capacidades permiten estudiar diferentes aspectos de la actividad de los organismos, pero su relación no demuestra que la conciencia sea simplemente el resultado de acumular mecanismos cada vez más complejos. La cuestión que abordamos ahora es si la aparición de la conciencia pudo implicar, además de cambios cuantitativos en la organización biológica, alguna transformación cualitativa en el modo en que determinados sistemas procesan información y experimentan sus propios estados.

Hablar de un cambio cualitativo significa plantear que una nueva propiedad no se describe adecuadamente limitándose a sumar las características de los componentes que la hacen posible. En otros ámbitos de la naturaleza, la interacción entre elementos puede dar lugar a propiedades colectivas que no se manifiestan del mismo modo en cada elemento aislado. Sin embargo, utilizar esta idea para estudiar la conciencia exige cautela: que existan propiedades emergentes en sistemas físicos y biológicos no demuestra automáticamente que la experiencia subjetiva sea una de ellas ni explica cómo podría surgir. En el caso de la conciencia, la emergencia constituye una interpretación teórica posible, no una explicación definitivamente establecida [39, 47].

Desde esta perspectiva, podemos formular una hipótesis de trabajo: la conciencia pudo aparecer cuando determinadas capacidades biológicas alcanzaron una organización capaz de sostener experiencias subjetivas, y no simplemente cuando un organismo acumuló más información o produjo respuestas más elaboradas. Esta formulación desplaza la atención desde la cantidad de información procesada hacia la organización de los procesos que intervienen. No obstante, todavía debemos precisar qué condiciones serían necesarias, cómo podríamos identificarlas y qué evidencias permitirían distinguir un sistema consciente de otro que realizara funciones complejas sin experiencia subjetiva demostrable.

La investigación actual muestra que esta cuestión no está resuelta. Las teorías científicas de la conciencia discrepan sobre los mecanismos que consideran fundamentales y sobre cómo deben interpretarse las pruebas disponibles [39]. Asimismo, una encuesta realizada a investigadores del campo encontró diferentes posiciones acerca de si la transición entre el procesamiento inconsciente y el consciente es gradual o presenta una frontera definida [47]. Estos resultados no determinan cuál de las posiciones es correcta, pero sí muestran que no debemos presentar una transición gradual ni un salto cualitativo como hechos definitivamente establecidos.

Conviene distinguir, además, entre un posible cambio cualitativo en la organización de un sistema y la aparición de una nueva experiencia subjetiva. Podemos investigar transformaciones en la actividad neuronal, en la coordinación de diferentes procesos y en las capacidades cognitivas; sin embargo, identificar una transformación funcional no equivale necesariamente a explicar por qué existe una experiencia. Para sostener que una determinada reorganización biológica marca el origen de la conciencia, necesitaríamos criterios que permitieran identificarla y evidencias que relacionaran esa reorganización con la experiencia subjetiva, no solamente con una conducta más compleja.

La hipótesis que proponemos en este ensayo debe mantenerse, por tanto, en el terreno de la investigación abierta. Es posible plantear que determinadas reorganizaciones biológicas hayan permitido nuevas formas de procesamiento y que algunas de ellas estén relacionadas con la aparición de la conciencia. Pero todavía no podemos afirmar que exista un umbral concreto, una transformación única o una secuencia universal que explique ese proceso. La utilidad de esta hipótesis reside en orientar las preguntas, establecer distinciones y buscar evidencias, no en sustituir con una afirmación general aquello que aún necesita explicación.

El siguiente apartado profundizará en una de las dimensiones que pueden resultar relevantes para estudiar estas transformaciones: la relación entre el

cerebro, la memoria y la ampliación de las capacidades cognitivas. Examinaremos cómo la organización y el desarrollo de los sistemas nerviosos, junto con los distintos mecanismos de memoria, pueden ampliar las posibilidades de aprendizaje, integración y regulación de la conducta, sin dar por supuesto que estas capacidades expliquen por sí solas la aparición de la experiencia consciente.

7.6. CEREBRO, MEMORIA Y AMPLIACIÓN DE LAS CAPACIDADES COGNITIVAS

El desarrollo de las capacidades cognitivas humanas no puede comprenderse sin estudiar la relación entre el cerebro y la memoria. La memoria permite que los efectos de experiencias anteriores influyan en la actividad presente y contribuyan a modificar respuestas futuras. Gracias a distintos mecanismos de retención y recuperación de información, un organismo puede beneficiarse de lo aprendido, reconocer situaciones familiares y ajustar su comportamiento sin tener que comenzar de nuevo ante cada experiencia. En los animales dotados de sistemas nerviosos, estas posibilidades dependen de redes neuronales cuya organización y funcionamiento se modifican mediante el desarrollo, la experiencia y la plasticidad cerebral [29, 48].

Sin embargo, no existe una única forma de memoria ni un mecanismo cerebral que explique por sí solo todas sus manifestaciones. Podemos distinguir, entre otras modalidades, la memoria de trabajo, que mantiene temporalmente información disponible para utilizarla en una tarea; la memoria episódica, relacionada con el recuerdo de acontecimientos experimentados; y diferentes formas de aprendizaje y memoria implícita, cuyos efectos pueden manifestarse en la conducta sin que la persona recuerde conscientemente cómo adquirió determinada información. Estas modalidades presentan diferencias funcionales y dependen de la interacción entre distintos procesos y estructuras cerebrales [48, 49]. Por tanto, hablar de memoria como si se tratara de una capacidad única puede ocultar mecanismos relevantes para comprender la diversidad de las funciones cognitivas.

La memoria de trabajo resulta especialmente importante para estudiar la ampliación de estas capacidades. Mantener información disponible durante un intervalo breve permite relacionar elementos que no están presentes simultáneamente, comparar alternativas y desarrollar actividades que requieren varios pasos. En el ser humano, estos procesos intervienen en la comprensión del lenguaje, el razonamiento y la resolución de problemas. No obstante, la capacidad de mantener y manipular información es limitada y depende de los recursos cognitivos disponibles, de la naturaleza de la tarea y de la interacción con la memoria a largo plazo [49]. La memoria de trabajo no

debe interpretarse como un almacén ilimitado ni como una explicación completa de la conciencia, sino como uno de los mecanismos que hacen posibles determinadas operaciones cognitivas.

La memoria a largo plazo amplía estas posibilidades al permitir que la experiencia influya en el comportamiento mucho después de que haya desaparecido el estímulo que la originó. La información recuperada puede orientar el reconocimiento de una situación, facilitar una respuesta aprendida o contribuir a reconstruir acontecimientos pasados. Sin embargo, recordar no consiste siempre en reproducir una copia exacta de lo ocurrido. La recuperación implica procesos de reconstrucción y puede estar condicionada por el contexto, las expectativas y la información adquirida posteriormente [50]. La memoria constituye así un recurso fundamental para la continuidad de la conducta, pero también puede introducir errores, distorsiones y asociaciones que no se corresponden plenamente con los acontecimientos originales.

La relación entre memoria y conciencia exige una distinción adicional. Aunque algunos recuerdos pueden recuperarse como experiencias conscientes, el aprendizaje y la retención de información también pueden influir en la conducta sin que la persona tenga acceso consciente a todos los procesos que los hicieron posibles. La investigación ha cuestionado que la diferencia entre memoria consciente e inconsciente pueda explicarse únicamente mediante una separación rígida entre sistemas cerebrales; resulta necesario considerar también las operaciones que se realizan y las características de la información retenida [48]. Por ello, la memoria puede participar en la actividad cognitiva consciente y, al mismo tiempo, intervenir en procesos que no requieren un recuerdo explícito.

Desde la perspectiva de este ensayo, cabe plantear que la ampliación de las capacidades cognitivas humanas dependió, en parte, de la interacción entre memoria, percepción, aprendizaje y mecanismos de regulación y anticipación. La posibilidad de conservar información, recuperarla en circunstancias distintas y combinarla con nuevas experiencias pudo favorecer formas más elaboradas de aprendizaje y resolución de problemas. Esta interpretación resulta compatible con investigaciones que examinan cómo los circuitos cerebrales vinculados originalmente a la regulación corporal pueden participar también en funciones cognitivas más amplias [50]. Sin embargo, no debemos convertir esta posibilidad en una secuencia evolutiva demostrada ni atribuir todos estos avances a un único mecanismo.

También es importante evitar la idea de que una mayor capacidad de memoria produzca necesariamente una mayor conciencia. Retener más información, mantenerla disponible durante más tiempo o establecer

asociaciones más complejas puede ampliar determinadas capacidades cognitivas, pero no demuestra por sí solo la existencia de experiencia subjetiva. La memoria y la conciencia mantienen relaciones estrechas, aunque sus funciones no sean idénticas. Para comprender esa relación necesitamos estudiar qué procesos permiten recuperar información, cómo intervienen en la experiencia presente y qué evidencias justifican atribuirles un papel específico en la conciencia.

La memoria introduce, además, una dimensión temporal en la conducta: el pasado puede influir en el presente y contribuir a orientar acciones futuras. En los seres humanos, esta posibilidad alcanza formas especialmente elaboradas cuando los recuerdos se combinan con el lenguaje, la planificación y la reflexión. Podemos reconstruir acontecimientos, imaginar situaciones que todavía no han sucedido y utilizar experiencias anteriores para evaluar diferentes posibilidades. Estas capacidades amplían el campo de la actividad cognitiva, pero no resuelven por sí solas el problema de cómo surge la experiencia subjetiva ni permiten establecer un umbral concreto a partir del cual aparece la conciencia.

En consecuencia, la relación entre cerebro, memoria y capacidades cognitivas constituye una parte esencial de nuestra investigación, pero debe analizarse sin confundir los mecanismos que permiten aprender, recordar y planificar con la explicación de la conciencia. Hemos examinado algunas de las formas en que la organización cerebral y la conservación de información amplían las posibilidades de la conducta. Para cerrar este capítulo, debemos reconocer ahora los límites de nuestro conocimiento: qué aspectos de la conciencia cuentan con respaldo científico, cuáles siguen sujetos a debate y qué partes de la hipótesis desarrollada en este libro permanecen abiertas a investigación.

7.7. LOS LÍMITES ACTUALES DE NUESTRA EXPLICACIÓN

El estudio de la conciencia ha experimentado avances importantes en la identificación de los procesos cerebrales relacionados con la percepción, la atención, la memoria y el acceso consciente a la información. Sin embargo, conocer mejor los mecanismos que acompañan a una experiencia no equivale necesariamente a explicar por qué esos mecanismos se experimentan subjetivamente. La investigación continúa enfrentándose a dificultades conceptuales y metodológicas, especialmente cuando intenta relacionar los datos observables desde una perspectiva externa con la experiencia que cada individuo conoce desde su propia perspectiva. Esta diferencia constituye uno de los principales desafíos de la investigación contemporánea sobre la conciencia [39, 42].

Las distintas teorías científicas ofrecen explicaciones parciales sobre algunos de los procesos implicados, pero no existe un marco teórico universalmente aceptado que resuelva todas las dimensiones del problema. Algunas propuestas se centran en la disponibilidad global de la información para distintos sistemas cognitivos; otras conceden mayor importancia a la integración de la actividad cerebral o a las relaciones entre los procesos neuronales y la experiencia subjetiva. Estas perspectivas no siempre estudian exactamente el mismo aspecto de la conciencia y, por ello, sus diferencias no pueden reducirse a una simple competición entre explicaciones equivalentes. Determinar qué explica cada teoría, qué predicciones permite formular y qué evidencias podrían confirmarla o cuestionarla continúa siendo una tarea fundamental [39, 47].

También debemos reconocer que la complejidad de una respuesta biológica, la capacidad para procesar información o la existencia de mecanismos de memoria no demuestran, por sí solas, la presencia de experiencia consciente. Del mismo modo, identificar una actividad cerebral asociada a un estado consciente no resuelve automáticamente el problema de cómo se relaciona esa actividad con la vivencia subjetiva. Para avanzar, resulta necesario distinguir con precisión aquello que puede observarse y medirse, las interpretaciones que permiten los resultados y las hipótesis que todavía requieren comprobación. Esta cautela no resta valor a la investigación; establece las condiciones para que sus conclusiones sean más rigurosas [42, 47].

Desde la perspectiva de este ensayo, estas limitaciones no obligan a abandonar la búsqueda de una explicación, sino a formular mejor las preguntas. Podemos estudiar la organización de la materia, la aparición de sistemas vivos, la autorregulación, la conservación de información, el aprendizaje y la creciente complejidad de determinadas capacidades cognitivas. También podemos investigar las relaciones entre esos procesos y la conciencia. Sin embargo, presentar esa secuencia como una explicación demostrada del origen de la experiencia subjetiva supondría ir más allá de lo que actualmente sabemos. La continuidad que aquí se propone constituye un marco de reflexión e investigación, no una cadena causal ya establecida en todos sus eslabones.

Queda, por tanto, abierta una cuestión central: ¿cómo llegó una organización biológica capaz de responder a su entorno a desarrollar formas de experiencia, reflexión y conocimiento que le permiten preguntarse por su propio origen? Este libro no pretende resolver definitivamente esa pregunta. Su propósito es explorar una posible trayectoria, identificar los problemas que plantea y separar las observaciones científicas de las interpretaciones que pueden ayudarnos a comprenderlas. Reconocer los límites de una

explicación es también una forma de conocimiento, porque permite distinguir entre lo que sabemos, lo que creemos comprender y aquello que todavía necesitamos investigar.

Con este apartado concluye la segunda parte de la obra, dedicada al recorrido desde la organización biológica hasta el problema de la conciencia. La siguiente parte retomará una cuestión complementaria: cómo las capacidades cognitivas, las limitaciones de nuestra percepción y la necesidad de interpretar lo desconocido pudieron intervenir en la formación del pensamiento humano. No se tratará de presentar una consecuencia inevitable de la evolución biológica, sino de examinar una hipótesis sobre el desarrollo de nuestras formas de comprender, preguntar y construir respuestas.

Referencias al séptimo capítulo:

[29] Schaefer, N. et al. (2017). "The malleable brain: plasticity of neural circuits and behavior – a review from students to students". Journal of Neurochemistry, 142(6), 790–811. https://doi.org/10.1111/jnc.14107.

[39] Seth, A. K. y Bayne, T. (2022). "Theories of consciousness". Nature Reviews Neuroscience, 23, 439–452. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00587-4

[40] Choi, I., Demir, I., Oh, S. y Lee, S.-H. (2023). "Multisensory integration in the mammalian brain: diversity and flexibility in health and disease". Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 378(1886), 20220338. https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0338.

[41] Mashour, G. A., Roelfsema, P., Changeux, J.-P. y Dehaene, S. (2020). "Conscious Processing and the Global Neuronal Workspace Hypothesis". Neuron, 105(5), 776–798. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026.

[42] Jimenez, M., Prieto, A., Hinojosa, J. A. y Montoro, P. R. (2025). "Consciousness Under the Spotlight: The Problem of Measuring Subjective Experience". WIREs Cognitive Science, 16(1), e1697. https://doi.org/10.1002/wcs.1697.

[43] Chalmers, D. J. (1995). "Facing Up to the Problem of Consciousness". Journal of Consciousness Studies, 2(3), 200–219.

[44] Chambers, C. D., Garavan, H. y Bellgrove, M. A. (2009). "Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience". Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33(5), 631–646. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.016.

[45] Huang, Q., Jiang, R., Mao, X., Shi, J. y Li, A. (2023). "Does response inhibition occur unconsciously? A systematic review and Bayesian meta-analysis". Consciousness and Cognition, 115, 103570. https://doi.org/10.1016/j.concog.2023.103570.

[46] Heekeren, H. R., Marrett, S. y Ungerleider, L. G. (2008). "The neural systems that mediate human perceptual decision making". Nature Reviews Neuroscience, 9, 467–479. https://doi.org/10.1038/nrn2374.

[47] Francken, J. C., Beerendonk, L., Molenaar, D., Fahrenfort, J. J., Kiverstein, J., Seth, A. K. y van Gaal, S. (2022). "An academic survey on theoretical foundations, common assumptions and the current state of consciousness science". Neuroscience of Consciousness, 2022(1), niac011. https://doi.org/10.1093/nc/niac011.

[48] Henke, K. (2010). "A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness". Nature Reviews Neuroscience, 11, 523–532. https://doi.org/10.1038/nrn2850.

[49] Baddeley, A. (2003). "Working memory: looking back and looking forward". Nature Reviews Neuroscience, 4, 829–839. https://doi.org/10.1038/nrn1201.

[50] Buzsáki, G. y Tingley, D. (2023). "Cognition from the Body-Brain Partnership: Exaptation of Memory". Annual Review of Neuroscience, 46, 191–210. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101222-110632.

PARTE 3

EL MOTOR EPISTEMOLÓGICO

De la conciencia de la ignorancia al conocimiento

CAPÍTULO VIII

El Reino del Instinto y sus Límites

8.1. EL INSTINTO EN LA CONDUCTA HUMANA

El comportamiento humano no puede comprenderse únicamente a partir de la deliberación consciente. Aunque nuestra especie ha desarrollado capacidades extraordinarias de aprendizaje, razonamiento y elaboración simbólica, una parte de sus respuestas sigue dependiendo de mecanismos rápidos que no requieren una decisión reflexiva previa. La orientación de la atención hacia un estímulo inesperado, ciertas reacciones defensivas o las respuestas iniciales ante una amenaza muestran que la conducta puede comenzar a organizarse antes de que seamos capaces de explicar conscientemente qué ha sucedido. Esto no significa que todas esas respuestas sean instintivas en sentido estricto, sino que la acción humana combina procesos automáticos y procesos que admiten distintos grados de aprendizaje y control.

El concepto de instinto requiere, por ello, cierta precisión. En el lenguaje cotidiano suele utilizarse para designar cualquier reacción espontánea, intuitiva o aparentemente natural. Sin embargo, en el estudio del comportamiento, las respuestas que tradicionalmente se han considerado instintivas no deben entenderse necesariamente como conductas rígidas, idénticas en todos los individuos o completamente independientes de la experiencia. El desarrollo, la variación genética, el entorno y el aprendizaje pueden intervenir en la configuración de la conducta. La investigación contemporánea sobre la evolución del comportamiento advierte precisamente de la dificultad de separar de manera absoluta lo heredado de lo adquirido [16, 17, 19].

En el ser humano, esta complejidad resulta especialmente relevante porque las tendencias biológicas se desarrollan dentro de entornos sociales y culturales. Una reacción inicial puede verse modificada por experiencias anteriores, normas aprendidas, expectativas o valoraciones conscientes. El miedo, por ejemplo, puede desencadenar una respuesta defensiva, pero la forma de expresarlo, la interpretación de su causa y la decisión final dependen también de la situación y de la historia de cada individuo. Por tanto, reconocer la existencia de disposiciones biológicas no equivale a considerar que estas determinan por completo nuestra conducta. La relación entre predisposición y ambiente constituye una interacción, no una alternativa excluyente [17, 18].

Esta coexistencia de mecanismos automáticos y capacidades reflexivas plantea una cuestión importante para el argumento de este libro: ¿hasta qué punto podemos dirigir nuestro comportamiento cuando una parte de sus procesos se inicia sin deliberación consciente? La intervención de la reflexión no siempre elimina la influencia de las respuestas inmediatas, del mismo modo que una reacción automática no impide necesariamente que después podamos evaluarla, corregirla o inhibirla. La conducta humana surge de la interacción entre distintos procesos, cuya participación varía según las circunstancias y las capacidades del individuo [36, 37].

Desde la perspectiva de este ensayo, el instinto no debe considerarse únicamente un vestigio de etapas evolutivas anteriores, sino una parte activa de la organización del comportamiento humano. Su eficacia reside en que permite responder con rapidez cuando las circunstancias favorecen una reacción ya disponible. Sus límites aparecen cuando la situación exige interpretar información ambigua, revisar una respuesta habitual o actuar ante condiciones para las que no existe una solución inmediata. Es en ese espacio entre la disponibilidad de una respuesta y la necesidad de valorar su pertinencia donde comenzaremos a examinar las limitaciones de la conducta automática.

8.2. LAS LIMITACIONES DE LA RESPUESTA AUTOMÁTICA

La respuesta automática constituye una ventaja adaptativa cuando permite actuar con rapidez ante circunstancias que el organismo puede reconocer y para las que dispone de mecanismos de respuesta adecuados. Sin embargo, su eficacia depende de las condiciones en las que se produce. Una reacción que ha resultado útil en determinadas situaciones no tiene por qué ser la más apropiada cuando cambian las señales del entorno, aparecen factores inesperados o las consecuencias de una acción requieren una valoración más compleja. La automatización de una respuesta reduce la necesidad de deliberación inmediata, pero no garantiza por sí misma que la conducta elegida sea adecuada para cada circunstancia.

Esta limitación no significa que los mecanismos automáticos sean defectuosos. Su función consiste, en buena medida, en facilitar respuestas rápidas sin exigir que cada paso sea objeto de una decisión consciente. El problema aparece cuando las condiciones presentes difieren de aquellas en las que una respuesta aprendida o predispuesta resulta eficaz. En tales circunstancias, continuar reaccionando de la misma manera puede generar errores, aunque la conducta haya sido útil anteriormente. La investigación sobre el aprendizaje asociativo y la adaptación del comportamiento muestra que las respuestas pueden modificarse a partir de la experiencia, pero también que

su expresión depende de las relaciones aprendidas entre señales, acciones y resultados [27, 28].
En el comportamiento humano, estas limitaciones adquieren especial relevancia porque una misma situación puede admitir interpretaciones diferentes. Una señal ambigua puede activar una expectativa previa; una experiencia anterior puede orientar la percepción hacia determinados aspectos del presente; y una reacción inicial puede persistir incluso cuando aparecen indicios que aconsejan revisarla. La experiencia contribuye a orientar la conducta, pero no constituye una garantía infalible de acierto. Aprender de lo ocurrido implica también poder modificar las expectativas cuando la información nueva contradice lo esperado [26, 29].

Por otra parte, la existencia de mecanismos de inhibición permite que una respuesta inicialmente disponible no llegue necesariamente a convertirse en una acción. En determinadas condiciones, el organismo puede retrasar, interrumpir o modificar una conducta en función de otras señales o de objetivos concurrentes. En los seres humanos, estos procesos se relacionan con sistemas de control que participan en la selección y regulación de las respuestas. Sin embargo, inhibir una acción no equivale siempre a comprender la situación, ni demuestra por sí solo que haya intervenido una reflexión consciente. La regulación de la conducta comprende procesos diversos, algunos de los cuales pueden operar sin acceso consciente pleno [44, 45].

Desde la perspectiva de este ensayo, la importancia de estas limitaciones reside en que permiten identificar una tensión entre la rapidez de la respuesta y la necesidad de adecuarla a las circunstancias. Cuando los mecanismos disponibles no ofrecen una solución suficiente, puede resultar necesario recurrir al aprendizaje, a la evaluación de alternativas o a una reorganización de la conducta. No se trata de afirmar que toda respuesta automática inadecuada produzca necesariamente reflexión, sino de reconocer que la insuficiencia de una respuesta puede crear condiciones en las que otros procesos adquieren mayor importancia.

Así, el límite de la respuesta automática no debe entenderse como una frontera absoluta entre instinto y razón, sino como una situación en la que la conducta disponible puede dejar de ajustarse a las exigencias del entorno. Este planteamiento nos conduce al siguiente problema: qué sucede cuando las tendencias inmediatas, la experiencia acumulada y las circunstancias presentes apuntan en direcciones diferentes. Ese conflicto, y no la mera existencia de una respuesta automática, será el objeto del apartado siguiente.

8.3. CONFLICTO ENTRE IMPULSO, EXPERIENCIA Y SITUACIÓN

La conducta humana no responde a un único mecanismo. En una misma situación pueden intervenir tendencias inmediatas, experiencias acumuladas y circunstancias que modifican el significado o las consecuencias de una acción. Estos factores no siempre actúan en la misma dirección. Una reacción inicialmente favorable puede entrar en conflicto con lo aprendido, mientras que una experiencia anterior puede orientar hacia una respuesta que las condiciones presentes ya no aconsejan. La conducta surge, en buena medida, de la interacción entre estos elementos, cuya influencia varía según el individuo y el contexto.

El impulso representa aquí una tendencia inicial a responder, no necesariamente un instinto en sentido estricto ni una fuerza independiente de cualquier aprendizaje. Puede proceder de disposiciones biológicas, estados emocionales, necesidades presentes o hábitos adquiridos. La experiencia, por su parte, aporta expectativas construidas a partir de situaciones anteriores. Ambas intervienen en la manera de interpretar lo que sucede, pero ninguna garantiza por sí sola una respuesta adecuada. La información procedente del entorno puede confirmar lo esperado, contradecirlo o resultar insuficiente para decidir con seguridad [27, 29, 36].

La situación concreta introduce un tercer elemento. Una conducta que funcionó en el pasado puede dejar de ser útil cuando cambian las circunstancias, y una reacción que suele resultar apropiada puede producir consecuencias distintas en un contexto nuevo. Por ello, la adaptación no consiste simplemente en repetir respuestas exitosas, sino también en ajustar la conducta a las condiciones presentes. El aprendizaje permite modificar expectativas y asociaciones, aunque esa modificación no sea instantánea ni elimine necesariamente las tendencias anteriores [26, 27].

Cuando estos factores entran en conflicto, el individuo puede experimentar vacilación, tensión emocional o dificultad para elegir entre distintas posibilidades. Sin embargo, conviene distinguir entre el conflicto conductual y su reconocimiento consciente: la competencia entre respuestas puede resolverse mediante procesos que no requieren una reflexión explícita, mientras que en otras ocasiones la persona advierte la contradicción y considera de forma deliberada sus alternativas. La investigación sobre el control de la respuesta y la toma de decisiones estudia precisamente cómo se seleccionan acciones cuando concurren señales, objetivos o tendencias incompatibles, sin que todos esos procesos puedan reducirse a un único mecanismo [36, 44, 46].

Desde la perspectiva de este ensayo, el conflicto adquiere especial importancia cuando ninguna de las respuestas disponibles parece resolver satisfactoriamente la situación. El impulso puede empujar hacia una acción inmediata; la experiencia, recomendar una respuesta conocida; y las circunstancias presentes, poner en duda la utilidad de ambas. En ese punto puede hacerse necesaria una evaluación adicional, aunque no deba suponerse que todo conflicto conduce inevitablemente a la reflexión consciente o a una pregunta formulada de manera explícita.

Esta tensión permite avanzar hacia una cuestión decisiva para el argumento del libro: ¿qué ocurre cuando no solo entran en conflicto las respuestas posibles, sino que también resulta difícil interpretar aquello a lo que debemos responder? Mientras el conflicto puede producirse entre alternativas conocidas, la incertidumbre ante lo desconocido plantea una dificultad adicional: actuar sin disponer de una interpretación suficientemente segura de la situación. Ese será el punto de partida del apartado siguiente.

8.4. LA INCERTIDUMBRE ANTE LO DESCONOCIDO

La conducta puede desenvolverse con relativa eficacia cuando el individuo reconoce una situación y dispone de respuestas que han resultado útiles anteriormente. Sin embargo, las condiciones cambian cuando la información disponible es insuficiente, las señales resultan ambiguas o el acontecimiento observado no encaja con las expectativas previas. En esas circunstancias, la experiencia acumulada puede dejar de proporcionar una orientación clara y las respuestas habituales pierden parte de su capacidad para guiar la acción. El problema ya no consiste solamente en elegir entre distintas respuestas conocidas, sino también en determinar qué está ocurriendo y qué consecuencias puede tener.

La incertidumbre no es exclusiva del ser humano ni requiere necesariamente una conciencia reflexiva. Los organismos deben responder continuamente a entornos variables, y sus mecanismos de regulación y adaptación operan en condiciones en las que la información disponible puede ser incompleta. En los animales con sistemas nerviosos, la integración de señales, el aprendizaje y la modificación de las respuestas contribuyen a ajustar la conducta a las condiciones cambiantes. En el ser humano, estos procesos se combinan con capacidades de interpretación, anticipación y razonamiento que permiten considerar posibilidades más allá de la respuesta inmediata [31, 33, 34].

No obstante, la incertidumbre puede adquirir una dimensión particular cuando el individuo es capaz de reconocer que desconoce la causa de un acontecimiento o que no puede anticipar con seguridad sus consecuencias. Conviene distinguir entre no disponer de información suficiente y ser

consciente de esa insuficiencia. La primera situación puede influir en la conducta sin que exista una representación explícita de lo que falta por conocer; la segunda permite convertir la propia limitación en objeto de reflexión. Esta distinción es importante para el argumento del libro, aunque no debe interpretarse como una separación absoluta entre procesos inconscientes y conscientes.

Cuando las expectativas no permiten explicar lo que sucede, pueden aparecer respuestas emocionales como la inquietud o el miedo. Estas reacciones no son consecuencias inevitables de cualquier incertidumbre, ni todas las personas responden de la misma manera. Su intensidad y su expresión dependen de factores como la naturaleza de la amenaza percibida, la experiencia previa, el contexto y los recursos disponibles para afrontar la situación. La investigación sobre la toma de decisiones muestra que las expectativas y la incertidumbre pueden influir en la evaluación de alternativas y en la selección de respuestas, pero sus efectos varían según las condiciones concretas [34, 37].

Desde la perspectiva de este ensayo, lo relevante es que la incertidumbre puede debilitar la suficiencia de las respuestas conocidas. Cuando no es posible identificar con claridad la causa de un fenómeno ni prever sus consecuencias, la repetición de una reacción anterior puede dejar de ofrecer una solución satisfactoria. El individuo puede entonces buscar información adicional, comparar posibilidades o modificar su interpretación. Estos comportamientos no conducen necesariamente a una pregunta formulada de manera consciente, pero permiten considerar que la necesidad de obtener una explicación puede adquirir importancia cuando las respuestas disponibles resultan insuficientes.

La hipótesis que aquí se plantea es que el reconocimiento de los límites del propio conocimiento pudo constituir una condición relevante para el desarrollo de la pregunta humana. No afirmamos que la incertidumbre, por sí sola, originara la capacidad de preguntar, ni que conozcamos una secuencia evolutiva única que conecte ambos fenómenos. Se propone, más modestamente, que cuando un organismo puede advertir una discrepancia entre lo que espera y lo que sucede, y dispone de capacidades para representar esa discrepancia, se abre un espacio cognitivo en el que buscar una explicación puede convertirse en una alternativa a la respuesta inmediata.
Así, la incertidumbre ante lo desconocido nos aproxima al problema central del siguiente apartado: qué condiciones pueden hacer posible que una limitación deje de ser únicamente una dificultad práctica y se transforme en una pregunta. El paso no debe darse por inevitable ni considerarse demostrado; constituye el siguiente tramo de la hipótesis epistemológica que este libro pretende examinar.

8.5. LAS CONDICIONES PARA LA APARICIÓN DE LA PREGUNTA

La pregunta representa una forma particular de enfrentarse a aquello que no se comprende. A diferencia de la respuesta inmediata, que puede activarse ante una señal conocida, preguntar implica orientar la actividad cognitiva hacia una información que todavía no se posee o hacia una explicación que no se ha conseguido establecer. No toda conducta adaptativa requiere esta capacidad, ni toda incertidumbre conduce a ella. Para que una dificultad pueda convertirse en una pregunta deben concurrir condiciones que permitan, al menos, detectar una insuficiencia en las respuestas disponibles y mantener esa insuficiencia como un problema susceptible de exploración.

Una primera condición sería la capacidad de reconocer una discrepancia entre lo esperado y lo observado. Los organismos pueden modificar su conducta cuando las consecuencias de una acción no coinciden con las que habían aprendido a anticipar, pero esa modificación no implica necesariamente que comprendan la discrepancia como tal. En el ser humano, la integración de la experiencia, la memoria y la capacidad de representar situaciones posibles permite elaborar interpretaciones más complejas y revisar las expectativas previas. Los procesos de aprendizaje y predicción proporcionan mecanismos relevantes para estudiar esta relación, aunque no demuestran por sí solos cómo surgió evolutivamente la pregunta consciente [27, 31, 35].

Una segunda condición sería la posibilidad de conservar el problema más allá de la respuesta inmediata. Cuando una situación no se resuelve de manera satisfactoria, la información relacionada con ella puede seguir influyendo en el procesamiento posterior. La memoria de trabajo, la comparación de alternativas y la capacidad de mantener objetivos permiten examinar información que no conduce a una solución instantánea. Estas capacidades no equivalen por sí mismas a preguntar, pero pueden contribuir a crear las condiciones cognitivas necesarias para considerar un problema, buscar datos adicionales y evaluar posibles explicaciones [49, 50].

También resulta relevante la capacidad de anticipar alternativas. Si una situación admite más de una interpretación, el individuo puede comparar posibilidades y valorar qué información permitiría diferenciarlas. La toma de decisiones y el razonamiento pueden apoyarse en expectativas, asociaciones y procedimientos heurísticos que reducen la complejidad del problema, aunque también pueden producir errores. La formulación explícita de una pregunta representa un paso adicional: no consiste únicamente en reaccionar ante la incertidumbre, sino en organizarla alrededor de algo que se intenta averiguar [35, 36, 37].

En nuestra especie, esta posibilidad se amplía mediante el lenguaje y la interacción social. Las preguntas pueden formularse, transmitirse y conservarse; las respuestas pueden discutirse, corregirse o sustituirse; y un problema que una persona no consigue resolver puede convertirse en objeto de investigación compartida. La cultura permite así prolongar la búsqueda de explicaciones más allá de las capacidades individuales y de la experiencia inmediata. Sin embargo, no debemos confundir las condiciones que favorecen la pregunta con una explicación completa de su origen: conocer la importancia del lenguaje, la memoria o la vida social no basta para reconstruir de forma definitiva cuándo y cómo surgió esta capacidad en la evolución humana.

Desde la perspectiva de este ensayo, la aparición de la pregunta puede interpretarse como un cambio en la manera de afrontar los límites del conocimiento. Allí donde una respuesta automática deja de ser suficiente, la experiencia no proporciona una solución clara y la incertidumbre puede mantenerse en la actividad cognitiva, preguntar constituye una posible vía para buscar información y construir explicaciones. Esta formulación es una hipótesis interpretativa, no una secuencia evolutiva demostrada ni una afirmación de que todas las preguntas nazcan del miedo, del conflicto o de la incapacidad de responder.

La pregunta tampoco elimina necesariamente la incertidumbre. Puede abrir nuevas dificultades, revelar contradicciones o mostrar que una explicación aceptada era insuficiente. Su importancia reside precisamente en que permite transformar una limitación en un problema que puede examinarse. A partir de ella, el ser humano puede buscar respuestas, comparar relatos, elaborar hipótesis y construir sistemas de conocimiento; pero también puede aceptar explicaciones que reduzcan su inquietud sin que por ello sean verdaderas. La capacidad de preguntar, por tanto, no garantiza el conocimiento: abre una posibilidad cuya calidad depende de los métodos utilizados para evaluar las respuestas.

Con este planteamiento concluye el capítulo dedicado al instinto y sus límites. Hemos examinado cómo las respuestas automáticas pueden resultar eficaces, cómo su adecuación depende de las circunstancias, cómo surgen conflictos entre impulso, experiencia y situación, y cómo la incertidumbre puede poner de manifiesto la insuficiencia de las respuestas disponibles. El siguiente capítulo retomará este recorrido para estudiar con mayor profundidad la relación entre la conciencia de los límites propios, la aparición de la pregunta y la necesidad humana de construir explicaciones. El propósito no será presentar ese proceso como inevitable, sino investigar en qué condiciones pudo adquirir relevancia para el desarrollo del pensamiento humano.

Referencias al octavo capítulo:

[16] Arguello, J. R. y Benton, R. (2017). "Open questions: Tackling Darwin's 'instincts': the genetic basis of behavioral evolution". BMC Biology, 15, artículo 26. https://doi.org/10.1186/s12915-017-0369-3.

[17] Bendesky, A. y Bargmann, C. I. (2011). "Genetic contributions to behavioural diversity at the gene–environment interface". Nature Reviews Genetics, 12, 809–820. https://doi.org/10.1038/nrg3065.

[18] Niepoth, N. y Bendesky, A. (2020). "How Natural Genetic Variation Shapes Behavior". Annual Review of Genomics and Human Genetics, 21, 437–463. https://doi.org/10.1146/annurev-genom-111219-080427.

[19] Blumberg, M. S. (2017). "Development evolving: The origins and meanings of instinct". WIREs Cognitive Science, 8, e1371. https://doi.org/10.1002/wcs.1371.

[26] Rankin, C. H., Abrams, T., Barry, R. J., Bhatnagar, S., Clayton, D. F., Colombo, J., Coppola, G., Geyer, M. A., Glanzman, D. L., Marsland, S., McSweeney, F. K., Wilson, D. A., Wu, C.-F. y Thompson, R. F. (2009). "Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation". Neurobiology of Learning and Memory, 92(2), 135–138. https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.09.012.

[27] Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). "Theories of Associative Learning in Animals". Annual Review of Psychology, 52, 111–139. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.111.

[28] Hawkins, R. D. y Byrne, J. H. (2015). "Associative Learning in Invertebrates". Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 7(5), a021709. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a021709.

[29] Schaefer, N. et al. (2017). "The malleable brain: plasticity of neural circuits and behavior – a review from students to students". Journal of Neurochemistry, 142(6), 790–811. https://doi.org/10.1111/jnc.14107.

[31] Deans, C. (2021). "Biological Prescience: The Role of Anticipation in Organismal Processes". Frontiers in Physiology, 12, artículo 672457. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.672457.

[33] Nobre, A. C. y van Ede, F. (2018). "Anticipated moments: temporal structure in attention". Nature Reviews Neuroscience, 19, 34–48. https://doi.org/10.1038/nrn.2017.141.

[34] Summerfield, C. y de Lange, F. P. (2014). "Expectation in perceptual decision making: neural and computational mechanisms". Nature Reviews Neuroscience, 15, 745–756. https://doi.org/10.1038/nrn3838.

[35] Bar, M. (2007). "The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions". Trends in Cognitive Sciences, 11(7), 280–289. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.05.005.

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition". Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[37] Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). "Heuristic Decision Making". Annual Review of Psychology, 62, 451–482. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346

[44] Chambers, C. D., Garavan, H. y Bellgrove, M. A. (2009). "Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience". Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33(5), 631–646. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.016.

[45] Huang, Q., Jiang, R., Mao, X., Shi, J. y Li, A. (2023). "Does response inhibition occur unconsciously? A systematic review and Bayesian meta-analysis". Consciousness and Cognition, 115, 103570. https://doi.org/10.1016/j.concog.2023.103570.

[46] Heekeren, H. R., Marrett, S. y Ungerleider, L. G. (2008). "The neural systems that mediate human perceptual decision making". Nature Reviews Neuroscience, 9, 467–479. https://doi.org/10.1038/nrn2374.

[49] Baddeley, A. (2003). "Working memory: looking back and looking forward". Nature Reviews Neuroscience, 4, 829–839. https://doi.org/10.1038/nrn1201.

[50] Buzsáki, G. y Tingley, D. (2023). "Cognition from the Body-Brain Partnership: Exaptation of Memory". Annual Review of Neuroscience, 46, 191–210. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101222-110632.

CAPÍTULO IX

La Sofisticación de la Intuición

9.1. LA EXPERIENCIA ACUMULADA Y EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES

La experiencia modifica la manera en que interpretamos las situaciones. A medida que una persona se enfrenta repetidamente a determinados acontecimientos, puede aprender a reconocer relaciones entre señales, circunstancias y resultados. Este aprendizaje no requiere siempre que cada relación sea formulada de manera consciente. En ocasiones, una configuración de indicios resulta familiar antes de que el individuo pueda explicar qué elementos concretos han producido esa impresión. La intuición puede entenderse, en parte, como la manifestación de este reconocimiento de regularidades adquiridas mediante la experiencia.

El reconocimiento de patrones permite reducir la complejidad de la información disponible. En lugar de analizar cada elemento como si fuera completamente nuevo, el sistema cognitivo puede relacionar lo observado con configuraciones previamente aprendidas y generar una expectativa sobre lo que está ocurriendo o podría ocurrir. Este procedimiento puede favorecer la rapidez de la respuesta, especialmente cuando el individuo dispone de experiencia relevante en un ámbito determinado. Sin embargo, reconocer una semejanza no garantiza que dos situaciones sean equivalentes, ni demuestra que la expectativa resultante vaya a cumplirse [35, 37].

La calidad de este aprendizaje depende de las condiciones en las que se adquiere. La práctica reiterada puede favorecer el reconocimiento de regularidades, pero también consolidar asociaciones poco fiables si las experiencias son limitadas, los resultados se interpretan incorrectamente o el entorno cambia. Una persona puede desarrollar una intuición eficaz en un contexto y aplicarla con menor acierto en otro que presenta algunas semejanzas superficiales, pero obedece a relaciones diferentes. Por ello, la experiencia acumulada no debe confundirse con una garantía de conocimiento: su valor depende de hasta qué punto las regularidades aprendidas representan las condiciones reales de la situación [37].

También es necesario distinguir entre reconocer un patrón y saber explicar por qué funciona. Una persona puede detectar señales relevantes y anticipar

correctamente un resultado sin ser capaz de identificar de forma explícita todos los procesos que sostienen su juicio. A la inversa, alguien puede construir una explicación coherente y, sin embargo, interpretar mal las señales disponibles. El reconocimiento intuitivo y la explicación deliberada son capacidades relacionadas, pero no idénticas; pueden complementarse y corregirse mutuamente, aunque ninguna queda automáticamente validada por la otra [35, 36].

Desde la perspectiva de este ensayo, la intuición representa una forma de aprovechamiento de la experiencia: permite que parte de lo aprendido influya en una nueva situación sin exigir una reconstrucción consciente de cada antecedente. Esta capacidad amplía las posibilidades de adaptación, pero también conserva las limitaciones de los aprendizajes sobre los que se apoya. La intuición no aparece desligada de la historia del individuo; se configura mediante sus experiencias, sus expectativas y las condiciones en las que ha aprendido a reconocer determinadas regularidades.

La cuestión que surge a continuación es cómo estas regularidades pueden orientar una decisión sin que el individuo examine conscientemente todos los pasos que conducen a ella. Comprender el reconocimiento de patrones permite abordar ese problema, pero todavía no explica por completo cómo se selecciona una respuesta ni qué grado de deliberación interviene en esa selección. Ese será el objeto del siguiente apartado.

9.2. DECISIONES SIN DELIBERACIÓN CONSCIENTE COMPLETA

No todas las decisiones humanas van precedidas de un análisis consciente de las alternativas disponibles. En numerosas ocasiones, una respuesta aparece con rapidez, acompañada de una impresión de familiaridad, seguridad o adecuación, sin que el individuo pueda explicar de inmediato cómo ha llegado a ella. Esto no significa que la decisión carezca de antecedentes cognitivos, sino que parte de los procesos que la hacen posible pueden desarrollarse sin ser accesibles a la reflexión consciente en ese momento. La experiencia previa, las asociaciones aprendidas y las expectativas pueden influir en la elección antes de que la persona formule una justificación explícita.

La investigación sobre los procesos de doble procesamiento ha estudiado la interacción entre formas de respuesta rápidas, que requieren poca deliberación consciente, y otras más analíticas, que demandan mayor atención y esfuerzo. Esta distinción resulta útil para describir diferencias en el modo de tomar decisiones, pero no debe interpretarse como si existieran dos sistemas completamente independientes que actuaran siempre por separado. Las

decisiones reales pueden combinar mecanismos automáticos y deliberativos, y el grado de participación de cada uno depende de la tarea, de la experiencia del individuo y de las circunstancias [36].

Las heurísticas también desempeñan una función relevante. Se trata de procedimientos que permiten reducir la complejidad de una elección mediante reglas prácticas, señales destacadas o criterios que han resultado útiles en determinadas condiciones. Gracias a ellos, una decisión puede tomarse sin examinar todas las posibilidades ni calcular de manera exhaustiva sus consecuencias. En entornos adecuados, esta simplificación puede ser eficaz y ahorrar recursos cognitivos. Sin embargo, su utilidad depende de la relación entre la regla empleada y las características del problema: una estrategia que funciona bien en una situación puede conducir a errores cuando se aplica fuera de las condiciones para las que resulta apropiada [37].

La ausencia de una deliberación consciente completa tampoco implica que la persona sea incapaz de revisar su decisión. Una impresión inicial puede orientar la atención y proporcionar una primera respuesta, mientras que la aparición de nuevas señales, una contradicción o la necesidad de justificar la elección pueden dar lugar a una evaluación posterior. En otras ocasiones, la decisión se mantiene sin una revisión suficiente, bien porque parece evidente, porque el contexto exige rapidez o porque el individuo no advierte motivos para cuestionarla. La posibilidad de corregir una respuesta depende, por tanto, tanto de los mecanismos cognitivos disponibles como de las circunstancias en las que se produce la elección [36, 37].

Es importante distinguir, además, entre tomar una decisión sin conocer todos los procesos que han intervenido y decidir sin disponer de información suficiente. La primera situación se refiere a la accesibilidad consciente de los mecanismos que participan en la elección; la segunda, a los límites de la información disponible. Ambas pueden coincidir, pero no son equivalentes. Una persona puede tomar una decisión intuitiva acertada a partir de una experiencia amplia, aunque no sepa explicar cada paso de su juicio. También puede decidir con rapidez porque desconoce aspectos relevantes de la situación y confunde esa rapidez con una certeza que los datos no justifican.

Desde la perspectiva de este ensayo, la decisión intuitiva muestra cómo la experiencia puede orientar la conducta sin que todos sus componentes se conviertan en objeto de reflexión. Esta capacidad permite actuar con eficacia en determinadas circunstancias, pero también plantea una dificultad: el individuo puede experimentar una conclusión como evidente sin reconocer los antecedentes que la han producido ni las limitaciones que contiene. Por eso, la rapidez de una decisión y la intensidad de la convicción subjetiva no deben utilizarse, por sí solas, como pruebas de su validez.

La cuestión siguiente será examinar de dónde proceden muchas de estas impresiones y cómo se relacionan con lo que hemos aprendido, recordamos y anticipamos. La intuición no se limita a reaccionar ante el presente; puede incorporar regularidades extraídas de experiencias anteriores y generar expectativas sobre lo que está por suceder. Esta relación entre experiencia, memoria y anticipación constituye el tema del apartado siguiente.

9.3. INTUICIÓN, MEMORIA Y ANTICIPACIÓN

La intuición no se construye al margen de la experiencia anterior. Muchas de las impresiones que orientan nuestras decisiones dependen de información adquirida en situaciones previas, aunque no siempre podamos identificar conscientemente su procedencia. La memoria permite conservar y recuperar aspectos de esas experiencias, mientras que los mecanismos de aprendizaje contribuyen a establecer relaciones entre señales, circunstancias y resultados. Cuando una situación presente comparte determinadas características con otras ya conocidas, esa información puede influir en la interpretación de lo que ocurre y en la respuesta que consideramos más adecuada [35, 48, 50].

Sin embargo, la memoria no debe entenderse como un registro exacto de todo lo vivido. Existen diferentes sistemas y formas de retención, y no todos los contenidos se recuperan de la misma manera ni requieren acceso consciente. Parte de la información aprendida puede influir en la conducta sin que la persona recuerde explícitamente el episodio en el que la adquirió. Esta distinción ayuda a comprender por qué alguien puede reconocer una situación como familiar o experimentar una impresión de certeza sin ser capaz de reconstruir con precisión los antecedentes de ese juicio. La relación entre memoria y conciencia es compleja, y no puede reducirse a la idea de que todo lo que influye en una decisión debe estar presente en el recuerdo consciente [48, 49].

La anticipación introduce una dimensión adicional. El organismo no responde únicamente a lo que sucede en el presente, sino que puede utilizar regularidades aprendidas para prepararse ante acontecimientos probables. En los seres humanos, las expectativas influyen en la atención, la interpretación de las señales y la valoración de las posibles consecuencias de una acción. Algunos mecanismos de predicción permiten generar hipótesis rápidas sobre lo que está ocurriendo o podría ocurrir, utilizando asociaciones y experiencias anteriores sin necesidad de elaborar primero una explicación consciente completa [31, 32, 35].

La intuición puede surgir, en parte, de la interacción entre estos procesos: la memoria aporta información procedente de la experiencia, el reconocimiento de patrones relaciona esa información con la situación presente y la anticipación genera expectativas sobre sus posibles desarrollos. No se trata de una secuencia única ni de una fórmula que explique todas las intuiciones, sino de una manera de describir cómo distintas capacidades pueden contribuir a una respuesta rápida. La eficacia del resultado dependerá de la calidad de la información disponible, de la pertinencia de las experiencias anteriores y de las semejanzas reales entre la situación actual y aquellas que sirven de referencia [32, 35, 37].

Esta relación también explica una de las principales vulnerabilidades de la intuición. Las expectativas previas pueden orientar la interpretación de una situación de forma útil, pero también pueden hacer que percibamos con mayor facilidad aquello que confirma lo que esperamos. Si las circunstancias han cambiado o las experiencias anteriores ofrecen una muestra limitada, la anticipación puede conducir a una conclusión equivocada. El hecho de que una impresión aparezca rápidamente o resulte familiar no demuestra que describa correctamente la situación presente. La memoria y el aprendizaje proporcionan recursos para interpretar el mundo, pero también pueden conservar asociaciones que ya no resultan adecuadas [34, 37].

Desde la perspectiva de este ensayo, la intuición puede entenderse como una de las formas en que la experiencia acumulada interviene en la orientación de la conducta sin requerir una reconstrucción deliberada de todo lo aprendido. Esta capacidad permite anticipar y responder con rapidez, pero no elimina la necesidad de comprobar las expectativas cuando las circunstancias lo exigen. La anticipación ofrece posibilidades; no garantiza acontecimientos. La memoria conserva información útil, pero no asegura una interpretación correcta. Y la intuición integra indicios y aprendizajes, aunque el individuo no siempre pueda determinar qué elementos han influido en su conclusión.

Por ello, comprender la relación entre intuición, memoria y anticipación exige estudiar tanto sus ventajas como sus limitaciones. Una misma capacidad puede favorecer decisiones acertadas en un entorno familiar y producir errores en otro distinto. El siguiente apartado examinará precisamente esta doble condición: por qué la intuición puede ser una herramienta eficaz y bajo qué circunstancias puede conducir a interpretaciones engañosas.

9.4. LOS ACIERTOS Y ERRORES DE LA INTUICIÓN

La intuición puede constituir un recurso eficaz para orientar la conducta cuando la experiencia acumulada permite reconocer regularidades

relevantes. En determinadas actividades, una persona con práctica suficiente puede identificar señales significativas y anticipar resultados sin necesidad de analizar conscientemente cada elemento de la situación. Esta rapidez no implica necesariamente una menor calidad del juicio: cuando las condiciones son favorables y los patrones aprendidos se corresponden con el problema presente, una decisión intuitiva puede resultar adecuada y eficiente [35, 37].

Sin embargo, la utilidad de la intuición depende de las condiciones en las que se ha formado. La experiencia no garantiza por sí sola un aprendizaje correcto, especialmente cuando las situaciones anteriores han sido escasas, poco representativas o difíciles de interpretar. Si una persona atribuye un resultado a una causa equivocada, puede incorporar esa asociación a sus expectativas y utilizarla posteriormente como referencia. La repetición de una interpretación no la convierte necesariamente en verdadera, del mismo modo que una conclusión acertada en una ocasión no demuestra que el procedimiento empleado vaya a funcionar en circunstancias diferentes [27, 37].

Uno de los problemas más importantes aparece cuando el individuo confunde familiaridad con certeza. Una situación puede parecer conocida porque comparte algunos rasgos con experiencias anteriores, aunque las diferencias sean decisivas. En ese caso, el reconocimiento rápido de un patrón puede orientar la atención hacia determinados indicios y restar importancia a otros que contradicen la expectativa inicial. La intuición puede así favorecer una interpretación prematura, sobre todo cuando la persona no dispone de información suficiente para distinguir entre una semejanza superficial y una relación realmente relevante [34, 37].

También debemos considerar que las decisiones intuitivas pueden estar influidas por los objetivos, las expectativas y el contexto emocional del individuo. Estos factores no invalidan automáticamente una impresión, pero pueden modificar la importancia que se concede a la información disponible. Cuando una conclusión coincide con lo que deseamos que suceda o confirma una creencia previa, podemos aceptarla con menos examen del necesario. Por ello, la seguridad subjetiva con la que se experimenta una intuición no debe confundirse con una medida fiable de su exactitud [36, 37].

La posibilidad de corregir los errores depende, en parte, de que existan oportunidades para contrastar las expectativas con los resultados. Cuando una persona recibe información clara sobre las consecuencias de sus decisiones, puede revisar sus asociaciones y ajustar sus criterios. En cambio, si los resultados son ambiguos, tardan en aparecer o se atribuyen a causas equivocadas, el aprendizaje puede resultar menos fiable. La experiencia solo contribuye a mejorar el juicio cuando permite establecer relaciones suficientemente válidas entre las decisiones, las condiciones en que se adoptan y sus consecuencias [27, 37].

Desde la perspectiva de este ensayo, los aciertos y errores de la intuición revelan una característica fundamental del conocimiento humano: los mismos mecanismos que permiten aprovechar la experiencia pueden reproducir sus limitaciones. La intuición no es una facultad opuesta a la razón ni una fuente privilegiada de verdad. Es una forma de orientación que puede ofrecer una hipótesis inicial, reconocer una posibilidad relevante o advertir una situación familiar, pero cuya validez depende de las circunstancias y de la calidad de los indicios en que se apoya.

Esta distinción adquiere especial importancia cuando la intuición se aplica a cuestiones que no admiten una comprobación inmediata. Una impresión puede servir como punto de partida para investigar, pero no debería convertirse en una conclusión definitiva únicamente porque resulte coherente o produzca una sensación de certeza. Cuanto más inciertas sean las condiciones y mayores las consecuencias de una decisión, más importante será contrastar la impresión inicial con información adicional y considerar explicaciones alternativas.

La intuición puede, por tanto, orientar la búsqueda sin sustituir la comprobación. Sus aciertos permiten reconocer el valor de la experiencia acumulada; sus errores muestran la necesidad de examinar críticamente las expectativas que esa experiencia genera. A partir de esta doble condición podemos abordar el siguiente problema: cómo una impresión intuitiva deja de ser una respuesta suficiente y se convierte en el punto de partida de una búsqueda deliberada de explicaciones.

9.5. DE LA INTUICIÓN A LA BÚSQUEDA DE EXPLICACIONES

La intuición permite reconocer posibilidades y orientar la conducta sin que sea necesario examinar conscientemente todos los elementos que intervienen en una decisión. Sin embargo, una impresión intuitiva no siempre resuelve el problema al que se enfrenta el individuo. Puede señalar que algo parece familiar, sugerir una causa probable o anticipar un resultado, pero también puede dejar sin explicar por qué ocurre un fenómeno o qué elementos justifican la conclusión alcanzada. Cuando la impresión inicial resulta insuficiente, puede surgir la necesidad de examinar con mayor detenimiento aquello que se ha percibido o interpretado.

Este paso no debe entenderse como una oposición absoluta entre intuición y razonamiento. La intuición puede proporcionar una primera orientación, mientras que la deliberación permite revisar sus fundamentos, considerar otras posibilidades y contrastar la impresión con la información disponible. En determinados casos, la experiencia intuitiva conduce a una respuesta

adecuada sin que sea necesaria una investigación adicional; en otros, una contradicción, un resultado inesperado o la insuficiencia de la explicación inicial hacen conveniente reconsiderar el juicio. La relación entre los procesos rápidos y los deliberativos es, por tanto, variable y depende de las características del problema [36, 37].

La búsqueda de explicaciones requiere algo más que experimentar una impresión o advertir una discrepancia. Implica identificar qué se necesita comprender, distinguir entre las posibles interpretaciones y buscar información que permita evaluarlas. En ocasiones, el proceso comienza con una pregunta explícita; en otras, se manifiesta primero como una duda o como la sensación de que una respuesta no resulta satisfactoria. Estas situaciones pueden favorecer una investigación, pero no garantizan que esta se produzca: el individuo también puede aceptar una explicación provisional, abandonar la búsqueda o mantener una convicción sin someterla a examen.

La diferencia entre una intuición y una explicación contrastada resulta especialmente importante cuando la impresión inicial parece convincente. La coherencia subjetiva de una idea no demuestra que sus causas hayan sido identificadas correctamente. Para evaluar una explicación es necesario considerar qué indicios la respaldan, qué otras interpretaciones podrían dar cuenta de los mismos hechos y qué resultados permitirían distinguirlas. La intuición puede sugerir una hipótesis útil, pero su valor como conocimiento depende de la posibilidad de examinarla y contrastarla. La toma de decisiones heurística permite comprender la utilidad de los procedimientos simplificados, así como la importancia de reconocer las condiciones en las que pueden inducir a error [37].

Desde la perspectiva de este ensayo, la intuición adquiere un papel relevante no porque proporcione necesariamente respuestas verdaderas, sino porque puede orientar la atención hacia una posibilidad que merece ser examinada. El reconocimiento de un patrón, una expectativa incumplida o una contradicción entre lo esperado y lo observado pueden actuar como puntos de partida para una búsqueda posterior. Sin embargo, esta interpretación no implica que toda investigación nazca de una intuición ni que exista una secuencia universal que conduzca desde el reconocimiento de patrones hasta la formulación de preguntas. Se trata de una posible relación entre capacidades cognitivas cuya importancia depende de las circunstancias.

La búsqueda de explicaciones introduce, además, una diferencia entre querer resolver una dificultad y estar dispuesto a revisar la propia interpretación. Una respuesta puede reducir la incertidumbre sin explicar realmente el fenómeno; también puede resultar satisfactoria porque confirma una creencia previa. Por ello, la búsqueda no debería orientarse únicamente a encontrar

una respuesta, sino a evaluar si esa respuesta se sostiene frente a la información disponible y si resiste la consideración de alternativas. La posibilidad de reconocer un error y modificar una conclusión constituye una condición importante para que la investigación produzca un conocimiento más fiable.

Este recorrido permite establecer una conexión con el problema central de la obra. La experiencia y la intuición proporcionan recursos para interpretar el entorno; sus límites pueden hacer visible la insuficiencia de una respuesta; y esa insuficiencia puede, en determinadas condiciones, favorecer la búsqueda de una explicación. Pero entre reconocer un problema y formular una pregunta capaz de investigarlo existe un proceso que no debe darse por supuesto. La pregunta, cuando aparece, permite convertir una dificultad en un objeto explícito de indagación y abre la posibilidad de construir respuestas que puedan ser examinadas, discutidas y corregidas.

Con este apartado concluye el capítulo dedicado a la sofisticación de la intuición. Hemos examinado cómo la experiencia permite reconocer regularidades, cómo determinadas decisiones se producen sin deliberación consciente completa, cómo la memoria y la anticipación intervienen en los juicios intuitivos y por qué sus resultados pueden ser acertados o erróneos. El siguiente capítulo profundizará en la relación entre conciencia y conocimiento de uno mismo, abordando la posibilidad de que el ser humano no solo interprete el mundo, sino que también convierta sus propias percepciones, limitaciones y creencias en objeto de examen.

Referencias al noveno capítulo:

[27] Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). "Theories of Associative Learning in Animals". Annual Review of Psychology, 52, 111–139. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.111.

[31] Deans, C. (2021). "Biological Prescience: The Role of Anticipation in Organismal Processes". Frontiers in Physiology, 12, artículo 672457. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.672457.

[32] Mitchell, A., Romano, G. H., Groisman, B., Yona, A., Dekel, E., Kupiec, M., Dahan, O. y Pilpel, Y. (2009). "Adaptive prediction of environmental changes by microorganisms". Nature, 460, 220–224. https://doi.org/10.1038/nature08112.

[34] Summerfield, C. y de Lange, F. P. (2014). "Expectation in perceptual decision making: neural and computational mechanisms". Nature Reviews Neuroscience, 15, 745–756. https://doi.org/10.1038/nrn3838.

[35] Bar, M. (2007). "The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions". Trends in Cognitive Sciences, 11(7), 280–289. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.05.005.

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition". Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[37] Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). "Heuristic Decision Making". Annual Review of Psychology, 62, 451–482. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346.

[48] Henke, K. (2010). "A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness". Nature Reviews Neuroscience, 11, 523–532. https://doi.org/10.1038/nrn2850.

[49] Baddeley, A. (2003). "Working memory: looking back and looking forward". Nature Reviews Neuroscience, 4, 829–839. https://doi.org/10.1038/nrn1201.

[50] Buzsáki, G. y Tingley, D. (2023). "Cognition from the Body-Brain Partnership: Exaptation of Memory". Annual Review of Neuroscience, 46, 191–210. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101222-110632.

CAPÍTULO X

El Espejo de la Conciencia

10.1. LA REPRESENTACIÓN DEL PROPIO ORGANISMO

La relación de un organismo con su entorno no depende exclusivamente de la recepción de estímulos externos. Para regular su actividad, también necesita procesar información relacionada con su propio estado: las condiciones internas, las necesidades fisiológicas y las modificaciones que se producen durante la interacción con el medio. En los organismos con sistemas nerviosos, distintas señales corporales contribuyen a regular la conducta y a mantener la coordinación entre las necesidades del organismo y las circunstancias externas. Esta información no constituye necesariamente una representación consciente de uno mismo, pero permite comprender que la actividad biológica incluye procesos relacionados con el estado del propio cuerpo.

En los animales dotados de sistemas nerviosos más complejos, la integración de señales procedentes del cuerpo y del entorno participa en la organización de la percepción y de la acción. La información sensorial, las señales internas y las consecuencias de los movimientos pueden combinarse para orientar la conducta. Esta integración contribuye a que el organismo actúe teniendo en cuenta tanto las condiciones del medio como determinados aspectos de su propio estado. Sin embargo, sería incorrecto identificar toda integración de información corporal con una imagen consciente del organismo: los mecanismos de regulación y procesamiento pueden operar sin que exista una experiencia explícita de ellos [39, 40].

En el ser humano, la percepción del propio cuerpo se relaciona con diferentes procesos, entre ellos la información procedente de los sentidos, la percepción de los estados internos y la integración de señales que permiten orientar la acción. No se trata de una representación única e invariable, sino de un conjunto de procesos que pueden contribuir a distintas dimensiones de la experiencia corporal. La información visual, táctil y propioceptiva, por ejemplo, participa en la percepción de la posición y del movimiento del cuerpo, mientras que otras señales internas contribuyen a la regulación fisiológica. La investigación sobre la integración multisensorial muestra que la percepción depende de la combinación de información procedente de distintas fuentes, cuya importancia varía según la tarea y las condiciones [24, 25, 40].

Conviene distinguir, por tanto, entre disponer de información sobre el propio organismo y reconocerse como sujeto de una experiencia. Un sistema puede procesar señales corporales, regular sus respuestas y ajustar su actividad sin que de ello se deduzca automáticamente que posee una representación consciente de sí mismo. La existencia y las características de esa experiencia requieren un análisis específico, porque los procesos corporales, la integración de información y la conciencia no son conceptos intercambiables [39, 41].

Desde la perspectiva de este ensayo, la representación del propio organismo constituye un punto de partida para examinar cómo la experiencia puede llegar a incluir información relacionada con quien la experimenta. La organización biológica proporciona mecanismos para distinguir señales, regular estados y coordinar acciones; sin embargo, el paso desde estas funciones hasta la experiencia de uno mismo no debe presentarse como una consecuencia inevitable ni como una transición plenamente explicada. La cuestión que nos interesa es cómo determinados procesos pueden contribuir a que el organismo no solo actúe en su entorno, sino que llegue a experimentar su propio cuerpo como parte de ese entorno y, en condiciones más complejas, como el cuerpo desde el que percibe y actúa.

Este planteamiento nos conduce al siguiente apartado. Si la representación del organismo permite estudiar cómo se integra la información relativa al propio cuerpo, debemos examinar qué significa reconocerse como sujeto de una experiencia y por qué ese reconocimiento no puede reducirse a la mera existencia de señales corporales o de mecanismos de regulación.

10.2. RECONOCERSE COMO SUJETO DE LA EXPERIENCIA

La representación del propio organismo permite examinar cómo se procesa la información relacionada con el cuerpo, sus estados y su interacción con el entorno. Sin embargo, reconocerse como sujeto de una experiencia plantea una cuestión diferente: no se trata únicamente de que se produzca una percepción o una respuesta, sino de que exista una experiencia desde la perspectiva del organismo que la experimenta. Esta distinción resulta fundamental para estudiar la conciencia, porque la capacidad de procesar información y la existencia de una vivencia subjetiva están relacionadas, pero no son equivalentes [39, 43].

En el ser humano, la experiencia suele presentarse vinculada a una perspectiva propia. Percibimos el entorno desde una posición corporal determinada, experimentamos sensaciones y emociones, y podemos reconocer que determinados estados nos están ocurriendo a nosotros. No

obstante, estas capacidades no deben considerarse idénticas. La experiencia subjetiva, la percepción del propio cuerpo y la reflexión explícita sobre uno mismo pueden relacionarse de distintas maneras. Reconocer conscientemente un estado propio requiere capacidades adicionales a las que intervienen en la mera recepción de una señal corporal, aunque todavía existen cuestiones abiertas sobre cómo se relacionan estos procesos [39, 41].

La investigación científica puede estudiar las condiciones neuronales y cognitivas asociadas a distintas formas de experiencia consciente. Puede examinar qué procesos acompañan a la percepción, cómo se integra la información y en qué circunstancias determinados contenidos llegan a estar disponibles para la atención, la memoria o la comunicación. Sin embargo, identificar los mecanismos relacionados con una experiencia no equivale automáticamente a explicar por qué existe una vivencia subjetiva. Esta diferencia continúa ocupando un lugar central en los debates sobre la conciencia y en las dificultades que presenta su estudio científico [39, 42, 43].

También debemos evitar suponer que reconocerse como sujeto exige necesariamente una reflexión continua sobre uno mismo. Una persona puede experimentar dolor, percibir un sonido o sentir miedo sin detenerse a analizar conscientemente que está experimentando esos estados. La reflexión explícita sobre la propia experiencia constituye una capacidad distinta de la experiencia misma. Esta diferencia permite comprender que la conciencia de algo y la capacidad de convertir esa conciencia en objeto de pensamiento no son necesariamente el mismo proceso.

Desde la perspectiva de este ensayo, reconocerse como sujeto de la experiencia representa un punto importante para examinar la relación entre conciencia y conocimiento de uno mismo. Cuando la propia experiencia puede convertirse en objeto de atención, el individuo dispone de una posibilidad adicional: examinar no solo lo que sucede en el entorno, sino también lo que percibe, siente o interpreta. Sin embargo, no debemos presentar esta posibilidad como una explicación completa del origen de la autoconciencia, ni afirmar que todas las formas de experiencia subjetiva incluyan necesariamente un reconocimiento reflexivo del propio sujeto.

La cuestión adquiere especial relevancia cuando la reflexión permite advertir que nuestras percepciones y conclusiones tienen límites. Podemos experimentar una situación con claridad y, aun así, desconocer sus causas; podemos sentir seguridad ante una interpretación y descubrir posteriormente que era incorrecta. El reconocimiento de uno mismo como sujeto no garantiza, por tanto, el conocimiento de la realidad ni de los mecanismos que

intervienen en nuestra propia experiencia. Abre, más bien, la posibilidad de examinar la relación entre lo que vivimos y lo que conseguimos comprender.
El siguiente apartado abordará precisamente esta limitación. Si el individuo puede convertir su propia experiencia en objeto de reflexión, también puede llegar a reconocer que sus capacidades son parciales, que la información disponible resulta insuficiente y que sus interpretaciones no siempre coinciden con lo que sucede. La conciencia de los propios límites constituye así el siguiente problema de nuestro recorrido, aunque su relación con la experiencia subjetiva y con la reflexión sobre uno mismo no deba entenderse como una secuencia automática.

10.3. LA CONCIENCIA DE LOS PROPIOS LÍMITES

La conciencia de los propios límites constituye una dimensión relevante en el desarrollo de las capacidades cognitivas humanas. No basta con percibir el entorno, retener experiencias o reconocer regularidades; también resulta necesario poder advertir que nuestro conocimiento es incompleto, que nuestras interpretaciones pueden ser erróneas y que existen fenómenos para los cuales todavía no disponemos de una explicación satisfactoria. Esta capacidad introduce una diferencia importante entre desconocer algo y reconocer que se desconoce.

Desde una perspectiva cognitiva, la evaluación de la propia comprensión está relacionada con procesos de metacognición, es decir, con la capacidad de supervisar y valorar nuestros propios estados y operaciones mentales. Sin embargo, esta supervisión no es infalible. Los seres humanos podemos sobreestimar nuestros conocimientos, confiar excesivamente en una interpretación o ignorar las limitaciones de la información disponible. La percepción subjetiva de certeza no garantiza, por tanto, que una conclusión sea correcta. [36, 37]

En este punto conviene distinguir entre los límites reales del conocimiento y la conciencia que tenemos de ellos. Los primeros existen con independencia de que los reconozcamos; la segunda requiere que el organismo pueda evaluar, de algún modo, la relación entre lo que sabe, lo que interpreta y aquello que todavía no logra comprender. Esta distinción no implica que la reflexión explícita sobre la propia ignorancia apareciera de manera repentina ni que constituya una capacidad exclusiva de nuestra especie en todas sus formas elementales. Lo que cabe considerar específicamente humano es la amplitud que esta evaluación puede alcanzar cuando se articula mediante el lenguaje, la memoria autobiográfica, la abstracción y la transmisión cultural.
La investigación contemporánea sobre la conciencia muestra que todavía existen desacuerdos importantes acerca de cómo se relacionan la experien-

cia subjetiva, el procesamiento de información y la capacidad de acceder a los propios estados mentales. Por ello, no sería riguroso presentar la conciencia de los límites como una consecuencia automática de la aparición de la conciencia, ni como un mecanismo evolutivo cuya secuencia esté plenamente establecida. Es más prudente considerarla una capacidad que puede desarrollarse en distintos grados y cuya explicación exige integrar diferentes niveles de análisis. [39, 43, 47]

Dentro de la hipótesis que orienta este ensayo, reconocer los propios límites adquiere especial importancia porque abre una posibilidad: que la insuficiencia de una explicación deje de ser únicamente una dificultad práctica y se convierta en un problema que merece ser investigado. Cuando una respuesta ya no resulta satisfactoria, puede aparecer la necesidad de revisar lo aprendido, comparar alternativas o buscar información nueva. No se trata todavía de afirmar que este proceso conduzca necesariamente a una pregunta consciente, sino de identificar una condición que puede favorecer su aparición.

La conciencia de los propios límites no produce conocimiento por sí misma. Puede generar incertidumbre, frustración o temor, pero también impulsar la exploración y la rectificación. Su importancia reside en que permite reconocer una distancia entre la realidad, nuestra interpretación de ella y aquello que somos capaces de justificar. En esa distancia se encuentra una de las condiciones posibles del pensamiento crítico: admitir que una convicción puede ser insuficiente y que comprender exige, en ocasiones, comenzar por reconocer lo que aún no sabemos.

10.4. LA IGNORANCIA COMO CONDICIÓN DEL INTERROGANTE

La ignorancia no constituye únicamente una ausencia de conocimiento. También puede convertirse en una experiencia reconocible cuando un organismo o un individuo advierte que sus recursos de interpretación no bastan para comprender una situación. Esta distinción es importante: desconocer algo no implica necesariamente saber que se desconoce. Para que la falta de información se transforme en un problema consciente, debe existir alguna forma de reconocer una insuficiencia entre lo que se espera comprender y lo que realmente se consigue explicar.

En el ser humano, esta capacidad puede apoyarse en la memoria, la comparación de experiencias, la anticipación de resultados y la evaluación de las propias respuestas. Cuando una explicación deja de concordar con lo observado, o cuando dos interpretaciones resultan incompatibles, aparece la posibilidad de advertir una discrepancia. Sin embargo, esa discrepancia no

siempre conduce a una investigación deliberada. También puede provocar rechazo, indiferencia o la aceptación de una explicación que reduzca la incertidumbre sin resolver verdaderamente el problema. Los procesos de razonamiento y decisión no dependen exclusivamente de una evaluación consciente y rigurosa de la información disponible. [36, 37]

Desde el planteamiento de este ensayo, el interrogante surge cuando la insuficiencia de una respuesta adquiere relevancia para quien intenta comprender. No basta con que exista una dificultad objetiva: es necesario que esta pueda ser percibida como tal y que, de algún modo, se mantenga abierta la posibilidad de buscar otra explicación. La pregunta representa entonces una forma de convertir una carencia difusa en un problema delimitado. Al preguntar, el individuo no solo manifiesta que desconoce algo; también orienta su atención hacia aquello que necesita comprender.

Esta interpretación permite establecer una relación entre la conciencia de los propios límites y el nacimiento de la investigación. Reconocer que una explicación es insuficiente puede abrir un espacio para comparar alternativas, revisar creencias y buscar nuevas evidencias. En términos epistemológicos, la ignorancia reconocida deja de ser únicamente una limitación y puede convertirse en el punto de partida de una actividad cognitiva organizada. No obstante, esta posibilidad no debe confundirse con una consecuencia inevitable: la incertidumbre también puede resultar incómoda y favorecer respuestas precipitadas, especialmente cuando la persona necesita recuperar una sensación de seguridad. [36, 37]

La hipótesis que aquí se propone considera que esta tensión entre la necesidad de comprender y la imposibilidad de obtener una respuesta inmediata pudo desempeñar un papel relevante en el desarrollo del pensamiento humano. No se afirma que la ignorancia consciente apareciera en un momento único ni que pueda reconstruirse una secuencia evolutiva completa a partir de los datos disponibles. Se plantea, más modestamente, que la capacidad de reconocer una explicación como insuficiente constituye una condición importante para que la pregunta adquiera una función epistemológica: no limitarse a solicitar una respuesta, sino abrir un proceso de búsqueda que puede modificar lo que se creía saber.

La pregunta introduce así una posibilidad decisiva: permanecer ante lo desconocido sin clausurarlo de inmediato. Allí donde una respuesta automática puede bastar para actuar, la interrogación permite detenerse, examinar la situación y admitir que todavía no se dispone de una explicación satisfactoria. Esta disposición no garantiza el conocimiento, pero hace posible orientar la actividad mental hacia su construcción. La ignorancia reconocida no es todavía una respuesta ni una teoría; es el espacio desde el cual puede comenzar la búsqueda.

10.5. EL NACIMIENTO DE UNA DISTANCIA ENTRE LO VIVIDO Y LO COMPRENDIDO

La experiencia y su comprensión no son necesariamente equivalentes. Un individuo puede experimentar un fenómeno, reaccionar ante él y conservar sus consecuencias sin llegar a comprender por qué se ha producido. Esta diferencia, que en la vida cotidiana puede pasar inadvertida, adquiere especial relevancia cuando la capacidad de interpretar la experiencia comienza a superar la respuesta inmediata ante ella. Entre lo que sucede y lo que somos capaces de explicar puede abrirse una distancia: un espacio en el que la experiencia deja de ser únicamente algo vivido y se convierte también en objeto de reflexión.

La memoria contribuye a establecer esa distancia al permitir que una experiencia permanezca disponible después de que haya desaparecido el estímulo que la originó. La comparación entre situaciones pasadas y presentes puede revelar semejanzas, diferencias o contradicciones que no eran evidentes en el momento inicial. Sin embargo, recordar una experiencia no significa comprenderla, del mismo modo que reconocer una regularidad no garantiza conocer sus causas. La información conservada puede orientar la conducta y favorecer una interpretación, pero también puede alimentar conclusiones incompletas o erróneas. Los sistemas de memoria y los procesos cognitivos que intervienen en su utilización cumplen funciones diversas, cuya relación con la conciencia continúa siendo objeto de investigación. [48, 49, 50]

Esta diferencia entre vivir y comprender permite plantear una cuestión central para el desarrollo del pensamiento: ¿qué ocurre cuando una experiencia deja de encajar en las explicaciones disponibles? Mientras una respuesta conocida resulte suficiente para afrontar una situación, puede no existir una necesidad inmediata de examinarla. Pero cuando los resultados contradicen las expectativas, cuando una experiencia se repite sin que se comprenda su causa o cuando distintas explicaciones entran en conflicto, la relación entre lo vivido y lo interpretado puede convertirse en un problema consciente.

Desde la hipótesis epistemológica que guía este libro, esa distancia constituye una condición posible para el nacimiento de la pregunta. El individuo no se limita a experimentar algo que desconoce; comienza a advertir que su experiencia y su comprensión no coinciden. La pregunta aparece entonces como un intento de reducir esa separación, de construir una explicación que permita relacionar lo observado con aquello que se supone que lo produce. No obstante, esta formulación representa una interpretación teórica, no una secuencia psicológica o evolutiva cuya aparición histórica pueda darse por demostrada.

La distancia entre experiencia y comprensión también ayuda a explicar por qué el conocimiento no avanza necesariamente de forma lineal. Una persona puede acumular experiencias sin modificar sus creencias, interpretar los hechos a partir de expectativas previas o aceptar explicaciones que proporcionen seguridad sin resolver las contradicciones existentes. En otras circunstancias, la misma dificultad puede impulsar una revisión profunda de lo aprendido. La incertidumbre no conduce por sí sola al descubrimiento: su resultado depende de las capacidades cognitivas disponibles, del entorno, de la información accesible y de las condiciones sociales y culturales en las que se desarrolla la búsqueda.

La importancia de esta distancia reside, por tanto, en la posibilidad de transformar la experiencia en un problema de conocimiento. Lo vivido proporciona el material; la memoria permite conservarlo; la comparación puede revelar discrepancias, y la reflexión hace posible examinarlas. Ninguno de estos procesos garantiza por separado una explicación acertada, pero su interacción puede favorecer una actividad mental que ya no se limite a responder ante el mundo, sino que intente comprenderlo.

Con este apartado se cierra el capítulo dedicado al espejo de la conciencia. Hemos recorrido la representación del propio organismo, el reconocimiento del sujeto de la experiencia, la conciencia de los límites y la posibilidad de convertir la ignorancia en interrogante. El recorrido no pretende establecer una genealogía definitiva de la conciencia humana, sino delimitar una hipótesis: cuando un individuo puede reconocer la distancia entre lo que vive y lo que comprende, se abre una posibilidad para la pregunta y, con ella, para una búsqueda organizada de explicaciones. El capítulo siguiente abordará precisamente ese umbral: el nacimiento del «No lo sé» como punto de partida del interrogante.

Referencias al décimo capítulo:

[24] Stein, B. E. y Stanford, T. R. (2008). "Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron". Nature Reviews Neuroscience, 9, 255–266. https://doi.org/10.1038/nrn2331.

[25] Fetsch, C. R., DeAngelis, G. C. y Angelaki, D. E. (2013). "Bridging the gap between theories of sensory cue integration and the physiology of multisensory neurons". Nature Reviews Neuroscience, 14, 429–442. https://doi.org/10.1038/nrn3503.

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition". Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[37] Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). "Heuristic Decision Making". Annual Review of Psychology, 62, 451–482. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346.

[39] Seth, A. K. y Bayne, T. (2022). "Theories of consciousness". Nature Reviews Neuroscience, 23, 439–452. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00587-4.

[40] Choi, I., Demir, I., Oh, S. y Lee, S.-H. (2023). "Multisensory integration in the mammalian brain: diversity and flexibility in health and disease". Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 378(1886), 20220338. https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0338.

[41] Mashour, G. A., Roelfsema, P., Changeux, J.-P. y Dehaene, S. (2020). "Conscious Processing and the Global Neuronal Workspace Hypothesis". Neuron, 105(5), 776–798. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026.

[42] Jimenez, M., Prieto, A., Hinojosa, J. A. y Montoro, P. R. (2025). "Consciousness Under the Spotlight: The Problem of Measuring Subjective Experience". WIREs Cognitive Science, 16(1), e1697. https://doi.org/10.1002/wcs.1697.

[43] Chalmers, D. J. (1995). "Facing Up to the Problem of Consciousness". Journal of Consciousness Studies, 2(3), 200–219.

[47] Francken, J. C., Beerendonk, L., Molenaar, D., Fahrenfort, J. J., Kiverstein, J., Seth, A. K. y van Gaal, S. (2022). "An academic survey on theoretical foundations, common assumptions and the current state of consciousness science". Neuroscience of Consciousness, 2022(1), niac011. https://doi.org/10.1093/nc/niac011.

[48] Henke, K. (2010). "A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness". Nature Reviews Neuroscience, 11, 523–532. https://doi.org/10.1038/nrn2850.

[49] Baddeley, A. (2003). "Working memory: looking back and looking forward". Nature Reviews Neuroscience, 4, 829–839. https://doi.org/10.1038/nrn1201.

[50] Buzsáki, G. y Tingley, D. (2023). "Cognition from the Body-Brain Partnership: Exaptation of Memory". Annual Review of Neuroscience, 46, 191–210. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101222-110632.

CAPÍTULO XI

El Nacimiento del “No lo Sé”: La Pregunta

11.1. LA INCERTIDUMBRE COMO PROBLEMA COGNITIVO

La incertidumbre forma parte de la relación entre los organismos y su entorno. La información disponible nunca representa la totalidad de las condiciones que intervienen en una situación, y las respuestas deben producirse, con frecuencia, antes de que sea posible conocer todos los factores relevantes. En los organismos dotados de sistemas cognitivos complejos, esta limitación adquiere una dimensión particular: no solo es necesario procesar información incompleta, sino también valorar qué grado de confianza merece una interpretación y qué consecuencias puede tener actuar sobre ella.

Desde el punto de vista cognitivo, la incertidumbre no equivale necesariamente a la ignorancia absoluta. Puede existir cuando se conocen varias explicaciones posibles, cuando la información resulta ambigua o cuando las experiencias anteriores no permiten anticipar con suficiente fiabilidad un resultado. Los procesos de percepción, memoria, aprendizaje y decisión intervienen en la forma en que los individuos evalúan estas situaciones. Sin embargo, dicha evaluación no siempre es consciente ni exacta. Podemos actuar bajo incertidumbre sin advertirla plenamente, del mismo modo que podemos sentirnos seguros de una interpretación que carece de fundamento suficiente. [36, 37]

Esta distinción permite separar dos cuestiones. La primera es la existencia de una situación incierta, determinada por la información disponible y por las limitaciones de los procesos que la interpretan. La segunda es la capacidad de reconocer esa incertidumbre y convertirla en un objeto de atención. En el segundo caso, la dificultad deja de ser únicamente una condición de la situación y pasa a formar parte del problema que el individuo debe afrontar. No se trata solo de no saber qué ocurrirá, sino de advertir que las herramientas disponibles no permiten establecer una respuesta suficientemente fiable.

El reconocimiento de la incertidumbre puede modificar la conducta. En determinadas circunstancias favorece la búsqueda de información, la comparación de alternativas o la revisión de una decisión. En otras, puede conducir a la evitación, a la aceptación precipitada de una explicación o a la preferencia por una respuesta que proporcione seguridad, aunque no sea la

mejor fundamentada. La incertidumbre, por tanto, no produce automáticamente una actitud investigadora; sus efectos dependen de las capacidades del individuo, de la situación y de los recursos que tenga a su alcance. [36, 37]

Dentro de la hipótesis que orienta este ensayo, la importancia de este proceso reside en la posibilidad de que la incertidumbre llegue a reconocerse como una insuficiencia de la propia comprensión. Mientras una respuesta disponible permita actuar, puede no existir una necesidad inmediata de examinar sus fundamentos. Pero cuando las respuestas habituales dejan de funcionar o resultan contradictorias, puede abrirse un espacio para reconsiderar lo que se creía saber. Ese espacio no constituye todavía la pregunta plenamente formulada, pero puede preparar las condiciones para su aparición.

El paso decisivo que aquí interesa no consiste, por tanto, en la existencia de incertidumbre, presente en múltiples formas de comportamiento, sino en la posibilidad de convertirla en un problema que exige comprensión. Desde esta perspectiva, el «No lo sé» representa algo más que una carencia de información: expresa el reconocimiento de un límite propio. No demuestra por sí mismo que se haya iniciado una búsqueda de conocimiento, pero permite identificar una condición desde la cual esa búsqueda puede comenzar.

11.2. LA PREGUNTA COMO APERTURA DEL CONOCIMIENTO

La pregunta introduce una posibilidad fundamental en la actividad cognitiva: reconocer que una explicación disponible puede ser insuficiente y orientar la atención hacia aquello que todavía necesita comprenderse. A diferencia de una respuesta inmediata, que puede limitarse a resolver una situación concreta, la pregunta permite convertir una incertidumbre en un objeto de búsqueda. No elimina la ignorancia, pero establece una dirección para afrontarla.

Preguntar exige, en algún grado, identificar una carencia, delimitar aquello que se desconoce y representar una respuesta posible como algo que todavía no se ha alcanzado. En los seres humanos, esta capacidad se apoya en recursos cognitivos como la memoria, la comparación, la anticipación y el lenguaje. Gracias a ellos, una dificultad puede dejar de ser una experiencia confusa y adquirir una formulación que permita examinarla, comunicarla y compartirla con otros. La pregunta transforma así una limitación de la comprensión en un problema susceptible de investigación.

Sin embargo, no todas las preguntas nacen de una ignorancia reconocida, ni todas persiguen obtener conocimiento fiable. También preguntamos para

confirmar nuestras creencias, defender una posición, satisfacer una curiosidad inmediata o mantener una conversación. La formulación de una pregunta no garantiza, por sí misma, una actitud crítica ni conduce necesariamente a una respuesta verdadera. Su valor epistemológico depende, en buena medida, de la disposición a examinar las respuestas obtenidas y a modificar las interpretaciones cuando las evidencias lo exigen.

La historia del conocimiento muestra la importancia de formular problemas que puedan investigarse mediante la observación, la comparación, la argumentación y la contrastación de hipótesis. Una pregunta bien delimitada permite distinguir entre lo que se ha observado, lo que se interpreta y lo que todavía necesita demostración. Este proceso no suprime la incertidumbre de manera definitiva; puede revelar nuevas dificultades, obligar a revisar las explicaciones anteriores o abrir interrogantes que no habían sido considerados. El conocimiento avanza, en parte, porque las respuestas alcanzadas pueden convertirse a su vez en objeto de nuevas preguntas.

Desde la hipótesis que desarrolla este libro, la pregunta adquiere una relevancia particular cuando el individuo deja de limitarse a responder ante las circunstancias y comienza a interrogarse sobre las causas de aquello que experimenta. Este cambio no debe entenderse como una ruptura absoluta con las capacidades biológicas anteriores, sino como una posible reorganización de recursos cognitivos que, en los seres humanos, pueden alcanzar niveles de abstracción y elaboración cultural extraordinarios. La pregunta consciente no surge al margen de la historia biológica del organismo, sino sobre unas capacidades previas que hacen posible conservar experiencias, comparar situaciones y evaluar resultados.

En este sentido, el «No lo sé» puede interpretarse como un umbral epistemológico. Reconocer que no se dispone de una respuesta suficiente permite mantener abierto un problema en lugar de cerrarlo mediante una explicación inmediata. Esta disposición no garantiza el descubrimiento, pero hace posible una búsqueda deliberada que puede apoyarse en evidencias, razonamientos y conocimientos compartidos. La pregunta abre el conocimiento precisamente porque admite que la comprensión presente no tiene por qué ser la última palabra sobre aquello que se intenta explicar.

11.3. DE LA OBSERVACIÓN A LA BÚSQUEDA DE CAUSAS

La observación constituye uno de los puntos de partida de la actividad cognitiva, pero observar un fenómeno no equivale a comprenderlo. Un organismo puede detectar cambios en su entorno, responder a ellos y conservar información sobre sus consecuencias sin identificar necesariamen-

te las causas que los producen. En los seres humanos, la posibilidad de comparar observaciones, relacionarlas con experiencias anteriores y elaborar explicaciones permite ampliar esa relación inicial con el mundo: lo que sucede puede convertirse también en algo sobre lo que se intenta razonar.

La distinción entre observar y explicar resulta fundamental. La observación permite reconocer regularidades, diferencias y acontecimientos; la búsqueda de causas intenta establecer qué condiciones contribuyen a producirlos y mediante qué relaciones. Una sucesión de hechos puede sugerir una conexión sin demostrar que exista una relación causal. Del mismo modo, que dos fenómenos aparezcan asociados no significa que uno sea necesariamente responsable del otro. La elaboración de explicaciones exige, por tanto, algo más que identificar coincidencias: requiere contrastar interpretaciones y examinar si los datos disponibles permiten sostenerlas.

En la experiencia cotidiana, la búsqueda de causas puede comenzar cuando un resultado contradice lo esperado. Si una conducta habitual deja de producir el efecto previsto, si un acontecimiento se repite sin una explicación satisfactoria o si dos observaciones parecen incompatibles, aparece la posibilidad de revisar la interpretación inicial. La memoria aporta experiencias previas; la comparación permite detectar diferencias, y la anticipación hace posible confrontar lo esperado con lo sucedido. Estos procesos no garantizan una conclusión acertada, pero pueden proporcionar las condiciones cognitivas necesarias para reconsiderar una explicación.

La búsqueda causal tampoco es exclusiva del pensamiento científico. Las personas interpretan continuamente los acontecimientos y construyen explicaciones a partir de la experiencia, la intuición, las creencias y la información recibida de otros. Algunas interpretaciones resultan útiles, mientras que otras incorporan prejuicios, asociaciones engañosas o supuestos que no han sido examinados. La diferencia entre una explicación espontánea y una investigación sistemática no reside simplemente en que la primera busque causas y la segunda no, sino en el grado de control, contraste y revisión al que se someten las interpretaciones.

Desde la perspectiva de este ensayo, el paso de la observación a la búsqueda de causas representa un avance importante en el desarrollo del interrogante. El fenómeno deja de ser únicamente algo que ocurre y comienza a plantearse como algo que podría comprenderse. La atención se desplaza del acontecimiento hacia las condiciones que lo hacen posible, y la pregunta adquiere una orientación: ya no se limita a expresar desconocimiento, sino que intenta descubrir por qué sucede algo y qué relación mantiene con otros fenómenos.

Esta interpretación no implica que la búsqueda causal apareciera de manera repentina en la evolución humana ni que pueda establecerse una secuencia universal que conduzca desde la observación hasta la explicación consciente. Las capacidades para detectar regularidades, aprender de las consecuencias y anticipar acontecimientos tienen antecedentes biológicos diversos. La hipótesis que aquí se desarrolla se centra en una transformación más específica: la posibilidad de convertir esas capacidades en una investigación deliberada sobre las causas, sometiendo las explicaciones a revisión cuando no concuerdan con la experiencia.

Observar permite entrar en contacto con los hechos; buscar causas implica intentar comprender sus relaciones. Entre ambas actividades se abre un espacio en el que la experiencia puede convertirse en problema, la incertidumbre puede orientar la atención y la pregunta puede iniciar una búsqueda organizada. Ese espacio no garantiza el conocimiento, pero constituye una de las condiciones desde las que puede construirse.

11.4. LA NECESIDAD DE CONSTRUIR EXPLICACIONES

La observación de un fenómeno y la identificación de sus posibles causas no siempre bastan para alcanzar una comprensión satisfactoria. Entre los acontecimientos que experimentamos y la interpretación que hacemos de ellos existe una tarea adicional: construir una explicación capaz de relacionar los datos disponibles, establecer conexiones y ofrecer una interpretación coherente de lo sucedido. Esta tarea constituye una dimensión esencial de la actividad cognitiva humana, aunque sus resultados no sean necesariamente correctos ni definitivos.

Las explicaciones permiten organizar la experiencia y reducir la dispersión de acontecimientos que, considerados aisladamente, pueden resultar difíciles de interpretar. Al relacionar hechos, identificar condiciones y formular posibles mecanismos, construimos representaciones que nos ayudan a comprender situaciones presentes y a anticipar otras futuras. Una explicación también permite comunicar lo comprendido, transmitirlo a otras personas y someterlo a discusión. De este modo, el conocimiento puede superar los límites de la experiencia individual y convertirse en una construcción compartida.

Sin embargo, la necesidad de explicar no garantiza que se encuentre una respuesta verdadera. Cuando la información es insuficiente, el individuo puede completar las lagunas mediante suposiciones, atribuir intenciones inexistentes o aceptar relaciones causales que no han sido demostradas. Una explicación puede resultar convincente por su coherencia interna, por su

familiaridad o por la seguridad que proporciona, sin que esas cualidades acrediten su correspondencia con la realidad. Por ello, es necesario distinguir entre una explicación que satisface una necesidad psicológica y otra que cuenta con evidencias suficientes para ser aceptada como conocimiento fundamentado.

Esta diferencia adquiere especial importancia cuando se examina el desarrollo histórico de las sociedades humanas. Ante fenómenos cuya causa no podían identificar, las comunidades elaboraron relatos, creencias y sistemas simbólicos que proporcionaban marcos de interpretación compartidos. Estas construcciones podían contribuir a organizar la experiencia, transmitir normas y reforzar la cohesión colectiva, aunque sus funciones y significados variaran considerablemente entre culturas. No sería correcto reducir todas las explicaciones tradicionales a una única necesidad ni suponer que respondieron siempre al mismo proceso. Sí cabe considerar que la búsqueda de significado ha sido una de las vías mediante las cuales los seres humanos han afrontado aquello que no comprendían.

Desde la hipótesis que orienta este libro, construir explicaciones representa un paso decisivo entre reconocer la propia ignorancia y desarrollar una actividad epistemológica organizada. La pregunta señala una insuficiencia; la búsqueda de causas intenta localizar relaciones, y la explicación propone una forma de comprenderlas. Pero esta última no debe confundirse con el final del proceso. Una explicación puede abrir nuevas preguntas, entrar en contradicción con observaciones posteriores o revelar que los supuestos de partida eran inadecuados. El conocimiento se fortalece cuando las explicaciones permanecen abiertas a la revisión y no se convierten en respuestas intocables.

La necesidad de explicar puede cumplir, por tanto, dos funciones diferentes. Puede cerrar provisionalmente la incertidumbre mediante una respuesta que proporcione seguridad, o puede transformarla en una investigación que admita la posibilidad de equivocarse. La diferencia no reside únicamente en disponer de una explicación, sino en la relación que se establece con ella: aceptarla como definitiva o reconocerla como una propuesta que debe contrastarse. Esta distinción será fundamental cuando abordemos el papel de los mitos y los dioses en la construcción de significado, así como la posterior transformación de las explicaciones mediante la observación sistemática y el conocimiento científico.

La explicación constituye así un instrumento de comprensión y, al mismo tiempo, una fuente potencial de error. Su valor no depende solamente de nuestra necesidad de comprender el mundo, sino de la capacidad para distinguir entre lo que deseamos que sea cierto y aquello que las evidencias

permiten sostener. En ese punto, la pregunta deja de buscar únicamente una respuesta y comienza a exigir razones para aceptarla. Es precisamente en esa exigencia donde la búsqueda de conocimiento puede adquirir una dimensión crítica.

11.5. EL MOTOR EPISTEMOLÓGICO

A lo largo de este capítulo hemos recorrido una serie de procesos que permiten plantear una cuestión fundamental: ¿qué puede impulsar a un individuo a transformar aquello que desconoce en un problema que necesita comprender? La incertidumbre, el reconocimiento de los propios límites, la formulación de preguntas, la búsqueda de causas y la construcción de explicaciones son fenómenos distintos, aunque pueden relacionarse dentro de una actividad cognitiva orientada a comprender el entorno. La cuestión que nos ocupa es si su articulación permite identificar un mecanismo conceptual capaz de explicar, al menos parcialmente, el impulso hacia el conocimiento.

Denomino motor epistemológico a la hipótesis de que el reconocimiento de una insuficiencia en la propia comprensión puede activar una búsqueda deliberada de explicaciones. No se trata de un mecanismo biológico identificado ni de una teoría científica consolidada, sino de un concepto interpretativo propuesto para examinar la relación entre conciencia, incertidumbre y producción de conocimiento. Su punto de partida es la posibilidad de reconocer que una respuesta resulta insuficiente; su desarrollo depende de que esa insuficiencia adquiera relevancia y motive una actividad orientada a superarla.

En su formulación inicial, este proceso puede describirse mediante una secuencia conceptual: una experiencia genera una dificultad de interpretación; la dificultad hace perceptible un límite del conocimiento; el límite reconocido puede producir incertidumbre; la incertidumbre puede favorecer la formulación de una pregunta, y la pregunta puede impulsar la búsqueda de una explicación. Esta secuencia no debe entenderse como una cadena inevitable ni como una descripción universal de la conducta humana. Cada transición depende de condiciones cognitivas, emocionales, ambientales y culturales que pueden facilitarla, modificarla o interrumpirla. Tampoco es necesario que todos sus componentes sean plenamente conscientes para que intervengan en la actividad mental.

La propuesta adquiere una dimensión adicional cuando se considera el papel del temor. La incertidumbre puede resultar incómoda, especialmente cuando afecta a situaciones percibidas como amenazantes o importantes

para la supervivencia. En determinadas circunstancias, la necesidad de reducir esa incertidumbre puede favorecer la búsqueda de respuestas. Pero también puede producir el efecto contrario: el individuo puede evitar la pregunta, aferrarse a una creencia conocida o aceptar una explicación tranquilizadora sin examinar sus fundamentos. Por ello, el temor no debe considerarse un origen universal del conocimiento ni una condición indispensable de toda investigación. En este modelo, constituye una posible variable que influye en la manera de afrontar lo desconocido.

La distinción entre obtener una respuesta y producir conocimiento resulta aquí esencial. Una explicación puede reducir la incertidumbre subjetiva sin corresponderse con los hechos; otra puede dejar abiertas numerosas preguntas y, sin embargo, representar un avance porque delimita mejor el problema. El motor epistemológico no puede definirse, por tanto, como una simple necesidad de eliminar la duda. Su interés reside en la posibilidad de transformar esa duda en una búsqueda que admita la revisión de las propias conclusiones y la confrontación con evidencias.

Esta hipótesis también permite plantear una pregunta sobre la dimensión colectiva del conocimiento. Cuando las explicaciones se comparten, pueden transmitirse entre generaciones, integrarse en sistemas culturales y convertirse en marcos comunes para interpretar la experiencia. Algunas respuestas pueden favorecer nuevas investigaciones; otras pueden consolidarse como creencias difíciles de cuestionar. El paso desde la búsqueda individual hasta la construcción social de explicaciones abre, así, una nueva línea de análisis: cómo afrontan las comunidades aquello que no comprenden y qué ocurre cuando una respuesta compartida adquiere autoridad dentro del grupo.

El motor epistemológico no pretende ofrecer una explicación definitiva del origen de la conciencia, de la pregunta o del conocimiento humano. Su propósito es reunir, dentro de un mismo marco interpretativo, varios procesos cuya relación merece ser examinada: reconocer una limitación, experimentar la incertidumbre, formular un interrogante y buscar una explicación. La hipótesis sostiene que la conciencia de no saber puede convertirse en un impulso hacia el conocimiento, pero reconoce que esa transformación no es automática y que sus condiciones históricas y evolutivas requieren investigación.

Con este planteamiento concluye el capítulo dedicado al nacimiento del «No lo sé». La pregunta aparece aquí como una posibilidad que se abre cuando la experiencia deja de bastar y la propia comprensión se reconoce como incompleta. El capítulo siguiente examinará los límites del instinto en la conducta humana y permitirá profundizar en una cuestión complementaria:

qué sucede cuando las respuestas heredadas o automatizadas ya no bastan para afrontar una situación y el individuo necesita interpretar, decidir o buscar una alternativa.

Referencias al undécimo capítulo:

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition". Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[37] Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). "Heuristic Decision Making". Annual Review of Psychology, 62, 451–482. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346.

CAPÍTULO XII

La Carga Cognitiva y el Laberinto del Miedo

12.1. LA INCERTIDUMBRE Y LA PERCEPCIÓN DEL PELIGRO

La incertidumbre adquiere una relevancia particular cuando una situación puede afectar a la integridad, la seguridad o la continuidad de la vida. Ante un entorno cambiante, los organismos necesitan responder a estímulos cuya importancia no siempre resulta evidente y cuyas consecuencias no pueden conocerse por completo de antemano. En estas circunstancias, la percepción del peligro no depende únicamente de las características objetivas de un acontecimiento, sino también de la información disponible, de la experiencia previa y de las capacidades del organismo para interpretar lo que sucede.

Conviene distinguir entre peligro e incertidumbre. El peligro hace referencia a la posibilidad de sufrir un daño; la incertidumbre, a la falta de información suficiente para determinar qué está ocurriendo, qué puede suceder o qué respuesta resultará más adecuada. Ambos factores pueden coincidir, pero no son equivalentes [51, 52]. Una situación conocida puede representar un peligro evidente, mientras que otra, aparentemente inofensiva, puede generar inquietud precisamente porque sus características o consecuencias resultan difíciles de interpretar.

En los organismos dotados de sistemas nerviosos, la detección de señales potencialmente amenazantes puede activar respuestas de orientación, vigilancia, evitación o defensa. Estas respuestas no requieren siempre una evaluación consciente del riesgo. Los procesos biológicos que permiten detectar amenazas y preparar una reacción pueden actuar con rapidez, antes de que el individuo disponga de una explicación elaborada sobre lo que sucede. En los seres humanos, además, la interpretación de una situación puede incorporar recuerdos, expectativas, aprendizajes y valoraciones construidas a partir de experiencias anteriores.

La incertidumbre puede complicar este proceso cuando faltan datos para establecer si una amenaza es real, cuál es su magnitud o qué consecuencias puede tener. En determinadas circunstancias, esa falta de información favorece una vigilancia más intensa y una búsqueda de señales que permitan orientar la conducta. En otras, puede provocar una estimación exagerada del riesgo o una respuesta desproporcionada. No obstante, la incertidumbre no

genera necesariamente miedo: también puede despertar curiosidad, indiferencia o disposición a explorar, dependiendo de las condiciones y de las características de cada individuo [51, 52].

Desde el punto de vista cognitivo, afrontar una situación incierta exige distribuir recursos limitados entre la percepción, la interpretación, la memoria y la selección de una respuesta. Cuando concurren numerosos estímulos, información contradictoria o una fuerte presión para actuar, la evaluación puede volverse más difícil. La carga cognitiva no depende exclusivamente de la cantidad de información, sino también de su complejidad, de las capacidades disponibles y de las exigencias de la tarea. Por ello, una situación difícil de interpretar puede reducir la capacidad de valorar alternativas, aunque no todas las personas reaccionen del mismo modo.

Dentro de la hipótesis que desarrolla este ensayo, la relación entre incertidumbre y percepción del peligro resulta relevante porque permite examinar una de las posibles condiciones que impulsan la búsqueda de explicaciones. Cuando una situación se interpreta como amenazante y no se dispone de una respuesta satisfactoria, comprender lo que sucede puede adquirir una importancia adicional. Sin embargo, de esta posibilidad no se desprende que el pensamiento humano naciera del miedo ni que la necesidad de explicar tenga siempre un origen defensivo. Se trata de una vía interpretativa que debe estudiarse junto a otros factores biológicos, cognitivos y sociales.

La incertidumbre, por tanto, no es únicamente una ausencia de información. Cuando se combina con la percepción de un posible peligro, puede convertirse en una exigencia para la conducta y para la interpretación del entorno. El siguiente apartado profundizará en el miedo como respuesta biológica y experiencia humana, distinguiendo los mecanismos que preparan al organismo para afrontar una amenaza de las formas conscientes y culturales mediante las cuales los seres humanos interpretan aquello que temen.

12.2. EL MIEDO COMO RESPUESTA BIOLÓGICA Y EXPERIENCIA HUMANA

El miedo constituye una respuesta biológica vinculada a la detección o anticipación de una amenaza. Su función no consiste en ofrecer una explicación sobre aquello que sucede, sino en preparar al organismo para afrontar una situación que puede comprometer su integridad. Esta preparación puede modificar la atención, activar respuestas fisiológicas y favorecer conductas de defensa, evitación o búsqueda de seguridad. En este sentido, el miedo forma parte de los mecanismos mediante los cuales los organismos responden a condiciones potencialmente adversas [53, 54].

Sin embargo, el miedo no debe entenderse como una reacción idéntica en todos los organismos ni como un proceso que dependa siempre de una valoración consciente. Las respuestas defensivas pueden producirse mediante mecanismos biológicos que operan con rapidez, mientras que la experiencia subjetiva del miedo incorpora dimensiones relacionadas con la percepción, la memoria y la interpretación de la situación. Conviene, por tanto, distinguir entre los procesos que preparan al organismo para responder ante una amenaza y la experiencia consciente mediante la cual un individuo siente e interpreta aquello que teme [53, 54].

En los seres humanos, esta experiencia puede adquirir una complejidad particular porque la amenaza no se limita a un peligro inmediato y físicamente perceptible. También podemos temer acontecimientos futuros, consecuencias que todavía no se han producido, situaciones imaginadas o fenómenos cuya naturaleza desconocemos. La memoria permite recuperar experiencias anteriores; la imaginación facilita representar escenarios posibles, y la capacidad de anticipación puede hacer que una amenaza potencial influya en la conducta antes de que llegue a materializarse. Estas facultades amplían las posibilidades de prevención, aunque también pueden favorecer respuestas de temor ante situaciones cuya probabilidad o gravedad se interpreta de manera inexacta [54, 55].

El miedo puede influir asimismo en la forma en que se procesa la información. Cuando una situación se percibe como amenazante, la atención puede concentrarse en determinadas señales relevantes para la defensa, mientras otros aspectos del entorno reciben menos consideración. En ciertas circunstancias, esta orientación favorece una respuesta rápida; en otras, puede dificultar la valoración de alternativas y reducir la capacidad para examinar información contradictoria. No debe suponerse, sin embargo, que el miedo elimina necesariamente el razonamiento o que siempre conduce a decisiones menos acertadas. Sus efectos dependen de la intensidad de la respuesta, del contexto y de los recursos disponibles para afrontar la situación [55].

La experiencia humana del miedo también está vinculada al aprendizaje y a la cultura. Las personas no interpretan todas las amenazas únicamente a partir de su experiencia directa: aprenden de las advertencias de otros, de los relatos compartidos y de las normas de su entorno. De este modo, determinadas situaciones pueden adquirir un significado amenazante incluso cuando el individuo no las ha experimentado personalmente. El lenguaje y la transmisión cultural permiten comunicar peligros reales, pero también pueden perpetuar temores basados en interpretaciones incompletas, creencias infundadas o explicaciones que no han sido contrastadas.

Desde la hipótesis epistemológica de este ensayo, el interés del miedo reside en su posible relación con la necesidad de comprender. Cuando una situación se percibe como amenazante y sus causas permanecen desconocidas, la búsqueda de una explicación puede convertirse en una forma de intentar recuperar orientación y seguridad. Pero esa búsqueda no constituye una consecuencia inevitable del miedo: una persona puede investigar, evitar la situación, aceptar una explicación disponible o permanecer sin una respuesta definida. El temor es, por tanto, una variable que puede intervenir en la actividad cognitiva, no un motor universal que determine su dirección.

La distinción entre la respuesta biológica y la experiencia humana permite comprender mejor el papel que el miedo puede desempeñar en la construcción de explicaciones. El organismo dispone de mecanismos para detectar y afrontar amenazas; el ser humano, además, puede elaborar interpretaciones sobre aquello que teme, comunicarlas y transmitirlas a su comunidad. En esa capacidad de convertir una experiencia amenazante en un problema de significado se encuentra una de las conexiones que este libro examina entre la biología, la conciencia y la búsqueda de conocimiento.

12.3. LA BÚSQUEDA DE SEGURIDAD MEDIANTE EXPLICACIONES

Cuando una situación genera incertidumbre y se percibe como potencialmente amenazante, disponer de una explicación puede proporcionar una sensación de orientación y control. Comprender qué sucede, por qué ocurre y qué consecuencias cabe esperar permite organizar la experiencia y considerar posibles respuestas. Sin embargo, es importante distinguir entre la seguridad que una explicación proporciona y la validez de aquello que afirma. Una respuesta puede reducir la inquietud sin ser verdadera, del mismo modo que una explicación fundamentada puede dejar abiertas dudas importantes [56].

La necesidad de seguridad no se limita a la protección física. También puede afectar a la forma en que las personas interpretan los acontecimientos, valoran sus posibilidades de actuación y afrontan aquello que no comprenden. Ante una situación ambigua, una explicación aparentemente coherente puede resultar más tranquilizadora que la aceptación de una incertidumbre persistente. Esta preferencia, sin embargo, no es universal ni conduce siempre al mismo resultado. Algunas personas buscan información adicional, otras aplazan sus conclusiones y otras aceptan con rapidez la primera respuesta que les permite recuperar una sensación de estabilidad [56, 57].

Las explicaciones cumplen, además, una función práctica: permiten anticipar consecuencias y orientar la conducta. Si una persona identifica una relación

fiable entre una circunstancia y un resultado, puede utilizar ese conocimiento para evitar un peligro o preparar una respuesta. En estos casos, la comprensión contribuye a la seguridad porque mejora la capacidad de actuar. El problema aparece cuando se confunde la utilidad psicológica de una explicación con su correspondencia con los hechos. Una creencia puede proporcionar tranquilidad y, al mismo tiempo, impedir que se reconozcan señales relevantes o que se consideren alternativas más adecuadas.

Esta tensión permite comprender por qué la incertidumbre puede conducir tanto a la investigación como a la aceptación de respuestas insuficientemente fundamentadas. Cuando el desconocimiento resulta difícil de soportar, la necesidad de cerrar el problema puede imponerse sobre la disposición a examinarlo. En otras ocasiones, la misma inquietud impulsa a buscar pruebas, comparar interpretaciones y revisar las conclusiones iniciales. La diferencia no reside simplemente en la intensidad del temor, sino también en los recursos cognitivos disponibles, en el contexto social y en la posibilidad de tolerar temporalmente la ausencia de una respuesta definitiva [56, 57].

En el ámbito colectivo, las explicaciones compartidas pueden proporcionar marcos comunes para interpretar acontecimientos que afectan a una comunidad. Los relatos, las creencias y las tradiciones contribuyen, en determinados contextos, a ordenar la experiencia y a transmitir formas de afrontar lo desconocido. Pero su aceptación social no demuestra su veracidad. Una explicación puede consolidarse porque ofrece sentido, refuerza la pertenencia al grupo o reduce la incertidumbre, aunque sus afirmaciones no hayan sido contrastadas. Por ello, es necesario estudiar por separado las funciones psicológicas y sociales de una creencia y la validez de su contenido [58].

Desde la hipótesis de este ensayo, la búsqueda de seguridad mediante explicaciones constituye una posible conexión entre el miedo y la producción de significado. Cuando no se comprende una situación que se considera importante o peligrosa, la necesidad de recuperar orientación puede favorecer la elaboración o aceptación de una respuesta. Esta posibilidad ayuda a plantear preguntas sobre el papel que las explicaciones pudieron desempeñar en las sociedades humanas, pero no permite concluir que todas las creencias surgieran del miedo ni que la necesidad de seguridad explique por sí sola el origen de los sistemas simbólicos.

La cuestión fundamental no es, por tanto, si los seres humanos necesitan explicaciones, sino qué relación establecen con ellas. Una explicación puede funcionar como refugio frente a la incertidumbre o como punto de partida para una investigación. En el primer caso, puede cerrar prematuramente la búsqueda; en el segundo, permanece abierta a la revisión y a la confronta-

ción con la experiencia. La diferencia resulta decisiva para el desarrollo del conocimiento: no basta con encontrar una respuesta que proporcione seguridad, también es necesario examinar si existen razones suficientes para considerarla válida.

12.4. DE LA RESPUESTA INMEDIATA A LA ELABORACIÓN SIMBÓLICA

La respuesta inmediata permite afrontar numerosas situaciones sin necesidad de elaborar una explicación consciente. Ante un estímulo relevante, un organismo puede reaccionar mediante mecanismos biológicos adquiridos a lo largo de su historia evolutiva, mientras que la experiencia y el aprendizaje pueden modificar la forma en que responde. Estas capacidades resultan fundamentales para la adaptación, pero no resuelven todas las situaciones a las que se enfrenta un organismo. Cuando las respuestas disponibles no bastan para interpretar un acontecimiento, puede abrirse la posibilidad de construir representaciones que permitan comprenderlo de otra manera [59].

En los seres humanos, esta posibilidad se amplía mediante el lenguaje y la capacidad de atribuir significado a objetos, acontecimientos y experiencias. Una situación que inicialmente provoca una reacción puede convertirse en objeto de recuerdo, comparación e interpretación. El individuo puede representarse aquello que ha ocurrido, relacionarlo con experiencias anteriores e imaginar posibles causas o consecuencias. La experiencia deja así de estar vinculada exclusivamente al estímulo presente y puede incorporarse a una red de significados que influye en la conducta posterior.

La elaboración simbólica permite representar aquello que no está directamente presente. Una palabra puede evocar un objeto ausente; un relato puede organizar acontecimientos pasados, y una imagen compartida puede expresar ideas que no se reducen a sus características materiales. Esta capacidad hace posible comunicar experiencias, conservar interpretaciones y transmitirlas a otras personas. Gracias a ella, los individuos pueden afrontar situaciones que no han vivido directamente mediante los conocimientos, las advertencias y las representaciones recibidas de su comunidad [59, 60].

Sin embargo, los símbolos no constituyen explicaciones verdaderas por el mero hecho de proporcionar significado. Una representación simbólica puede contribuir a organizar la experiencia, pero también puede incorporar asociaciones erróneas, supuestos no examinados o interpretaciones que se mantienen por su aceptación colectiva. La capacidad de producir significado y la capacidad de verificarlo son cuestiones distintas. Esta diferencia resulta esencial para comprender cómo las sociedades humanas pueden elaborar

respuestas compartidas ante fenómenos que desconocen y cómo esas respuestas pueden adquirir autoridad sin haber sido sometidas a una comprobación suficiente.

Desde la hipótesis epistemológica que desarrolla este libro, la elaboración simbólica representa una posibilidad decisiva en la relación entre incertidumbre y conocimiento. Cuando una respuesta inmediata no basta y una situación exige interpretación, el individuo puede recurrir a representaciones que le permitan ordenar lo desconocido. Si estas representaciones se expresan mediante el lenguaje y se comparten socialmente, pueden transformarse en relatos, creencias y sistemas de significado que sobreviven a la experiencia individual. Esta continuidad cultural amplía enormemente las posibilidades de interpretación, aunque no garantiza que las explicaciones transmitidas sean correctas [59, 60].

Conviene evitar, no obstante, una separación absoluta entre respuesta inmediata y elaboración simbólica. El pensamiento humano no sustituye por completo los mecanismos biológicos anteriores, ni toda conducta requiere una interpretación consciente. Las respuestas automáticas, las emociones, el aprendizaje y la reflexión pueden intervenir conjuntamente, con un peso diferente según la situación. La elaboración simbólica debe entenderse como una capacidad que amplía los recursos disponibles para interpretar y comunicar la experiencia, no como una etapa que elimina las formas anteriores de respuesta.

La transición que aquí se plantea no describe, por tanto, una secuencia evolutiva demostrada en todos sus detalles, sino una relación conceptual entre diferentes formas de afrontar el entorno. La respuesta inmediata permite actuar; la elaboración simbólica hace posible representar, interpretar y transmitir aquello que sucede. En esa ampliación de las capacidades de representación se encuentra una de las condiciones que permiten comprender el desarrollo de los sistemas culturales y la aparición de explicaciones compartidas sobre lo desconocido. El siguiente apartado examinará los alcances y los límites de esta hipótesis, con el propósito de distinguir aquello que puede sostenerse de aquello que todavía debe permanecer abierto a la investigación.

12.5. ALCANCES Y LÍMITES DE LA HIPÓTESIS EPISTEMOLÓGICA

La hipótesis epistemológica desarrollada en este ensayo propone examinar una posible relación entre el reconocimiento de la propia ignorancia, la incertidumbre, el miedo y la búsqueda de explicaciones. Su propósito no consiste en ofrecer una reconstrucción definitiva del origen de la conciencia o

del pensamiento humano, sino en plantear un marco interpretativo que permita estudiar cómo determinadas capacidades cognitivas pudieron contribuir a transformar la experiencia en una búsqueda organizada de conocimiento.

El punto de partida es una distinción fundamental: experimentar una situación, responder ante ella y comprender sus causas son actividades relacionadas, pero no equivalentes. Los organismos pueden detectar cambios, aprender de sus consecuencias y modificar su conducta sin que ello implique necesariamente una reflexión consciente sobre lo sucedido. En el ser humano, la memoria, el lenguaje, la capacidad de representación y la evaluación de las propias interpretaciones amplían las posibilidades de convertir una experiencia en un problema susceptible de análisis. Sin embargo, la relación entre estos procesos no debe entenderse como una secuencia universal, lineal o inevitable [36].

Dentro de este marco, el reconocimiento de una insuficiencia en la propia comprensión constituye uno de los elementos centrales de la propuesta. Advertir que una explicación no basta puede favorecer la formulación de preguntas y la búsqueda de nuevas respuestas [61, 62]. Pero esta posibilidad no demuestra que toda actividad investigadora nazca de la ignorancia reconocida ni que el desarrollo del conocimiento pueda explicarse mediante un único mecanismo. La curiosidad, la exploración, las necesidades prácticas, la cooperación social y otros factores también intervienen en la actividad cognitiva humana. La hipótesis deberá valorarse teniendo en cuenta esa pluralidad de condiciones.

El papel del miedo exige una cautela semejante. El temor puede intensificar la necesidad de interpretar una situación percibida como peligrosa y favorecer la búsqueda de seguridad mediante explicaciones. No obstante, también puede limitar la exploración, promover la evitación o reforzar creencias previas. Además, muchas preguntas surgen sin una amenaza aparente y pueden estar motivadas por el juego, el interés, el placer de descubrir o la necesidad de resolver problemas prácticos. Por ello, el miedo debe considerarse una posible influencia sobre determinados procesos de búsqueda de significado, no una causa universal del pensamiento ni del conocimiento [53, 54].

También es necesario distinguir entre la producción de explicaciones y la construcción de conocimiento fundamentado. Los seres humanos pueden elaborar interpretaciones que reduzcan la incertidumbre y proporcionen coherencia a su experiencia sin que sus afirmaciones correspondan a los hechos. La aceptación de una explicación, su utilidad psicológica o su difusión cultural no bastan para demostrar su validez. Para avanzar hacia un

conocimiento fiable se requieren procedimientos de contraste, evaluación de evidencias y revisión de las conclusiones. Esta diferencia será especialmente importante al examinar los sistemas simbólicos mediante los cuales las comunidades han interpretado aquello que desconocían.

El alcance de la hipótesis reside, por tanto, en ofrecer una conexión conceptual entre varios fenómenos: la conciencia de los propios límites, la formulación de preguntas, la búsqueda causal y la elaboración de explicaciones. Su utilidad dependerá de que permita identificar relaciones relevantes y generar cuestiones que puedan investigarse. Para avanzar en esa dirección será necesario precisar los conceptos utilizados, distinguir los mecanismos psicológicos estudiados de las interpretaciones propuestas y contrastar cada afirmación con los conocimientos disponibles sobre evolución, cognición, conciencia y cultura.

Estos límites no invalidan necesariamente la propuesta, pero determinan cómo debe formularse. Una hipótesis no adquiere solidez por ofrecer una narración coherente, sino por reconocer qué puede explicar, qué aspectos permanecen abiertos y qué evidencias serían necesarias para evaluarla. El motor epistemológico debe permanecer, por tanto, como una herramienta conceptual revisable, no como una explicación cerrada del devenir humano.
Con este capítulo concluye el examen de la incertidumbre, el miedo y la posible necesidad de construir explicaciones. El siguiente paso será abordar las formas concretas mediante las cuales las sociedades humanas han organizado y transmitido respuestas compartidas ante lo desconocido. Entraremos así en el terreno del mito y de los dioses, no para reducir su complejidad a una única causa, sino para investigar qué funciones pudieron desempeñar en la elaboración colectiva de significado y en la historia de las explicaciones humanas.

Referencias al décimo segundo capítulo:

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition". Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[51] Grupe, D. W. y Nitschke, J. B. (2013). "Uncertainty and anticipation in anxiety: an integrated neurobiological and psychological perspective". Nature Reviews Neuroscience, 14(7), 488–501. DOI: 10.1038/nrn3524.

[52] Tanovic, E., Gee, D. G. y Joormann, J. (2018). "Intolerance of uncertainty: Neural and psychophysiological correlates of the perception of uncertainty as threatening". Clinical Psychology Review, 60, 87–99. DOI: 10.1016/j.cpr.2018.01.001.

[53] LeDoux, J. E. (2014). "Coming to terms with fear". Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(8), 2871–2878. DOI: 10.1073/pnas.1400335111.

[54] LeDoux, J. E. y Pine, D. S. (2016). "Using Neuroscience to Help Understand Fear and Anxiety: A Two-System Framework". American Journal of Psychiatry, 173(11), 1083–1093. DOI: 10.1176/appi.ajp.2016.16030353.

[55] Valadez, E. A., Pine, D. S., Fox, N. A. y Bar-Haim, Y. (2022). "Attentional biases in human anxiety". Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 142, artículo 104917. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2022.104917.

[56] Kruglanski, A. W. y Webster, D. M. (1996). "Motivated closing of the mind: 'Seizing' and 'freezing'". Psychological Review, 103(2), 263–283. DOI: 10.1037/0033-295X.103.2.263. La publicación desarrolla el concepto de necesidad de cierre cognitivo y sus efectos sobre la búsqueda y conservación de respuestas.

[57] Birrell, J., Meares, K., Wilkinson, A. y Freeston, M. (2011). "Toward a definition of intolerance of uncertainty: a review of factor analytical studies of the Intolerance of Uncertainty Scale". Clinical Psychology Review, 31(7), 1198–1208. DOI: 10.1016/j.cpr.2011.07.009.

[58] Covarrubias, R. y Laiduc, G. (2024). "Paradoxes, uncertainty, and resistance: A psychology of meaning-making at the margins". Social and Personality Psychology Compass, 18(7), e12980. DOI: 10.1111/spc3.12980.

[59] Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T. y Moll, H. (2005). "Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition". Behavioral and Brain Sciences, 28(5), 675–691. DOI: 10.1017/S0140525X05000129.

[60] Mesoudi, A. y Thornton, A. (2018). "What is cumulative cultural evolution?". Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1880), 20180712. DOI: 10.1098/rspb.2018.0712.

[61] Loewenstein, G. (1994). "The psychology of curiosity: A review and reinterpretation". Psychological Bulletin, 116(1), 75–98. DOI: 10.1037/0033-2909.116.1.75.

[62] Gottlieb, J., Oudeyer, P-Y., Lopes, M. y Baranes, A. (2013). "Information-seeking, curiosity, and attention: computational and neural mechanisms". Trends in Cognitive Sciences, 17(11), 585–593. DOI: 10.1016/j.tics.2013.09.001.

PARTE 4

DE LAS EXPLICACIONES A LA CULTURA

CAPÍTULO XIII

El Mito y los Dioses como Arquitecturas de Significado

13.1. LA NECESIDAD DE EXPLICAR LO DESCONOCIDO

La capacidad de formular preguntas abre la posibilidad de buscar explicaciones, pero no garantiza que las respuestas obtenidas sean correctas ni que todas las sociedades desarrollen las mismas interpretaciones. Cuando los seres humanos se enfrentan a fenómenos cuyas causas desconocen, pueden recurrir a la observación, la experiencia acumulada, la elaboración de relatos y las creencias compartidas para organizar aquello que todavía no comprenden. La necesidad de explicar lo desconocido debe entenderse, por tanto, como un problema que admite respuestas diversas, condicionadas por los conocimientos disponibles y por el contexto cultural en el que se construyen [63].

Para un individuo, un acontecimiento inexplicado puede representar una dificultad práctica, una amenaza o una contradicción con sus expectativas. En una comunidad, esas dificultades pueden adquirir una dimensión colectiva cuando afectan a la supervivencia, a la organización de las actividades o a la interpretación de experiencias comunes. Los cambios del clima, las enfermedades, la muerte, los fenómenos celestes y los acontecimientos imprevisibles son ejemplos de cuestiones que han suscitado interpretaciones culturales diversas. Sin embargo, no debe suponerse que todos estos fenómenos resultaran igualmente incomprensibles para todas las sociedades ni que recibieran siempre una explicación religiosa o sobrenatural.

La explicación permite establecer relaciones entre acontecimientos y construir una representación inteligible de la experiencia. Una comunidad puede identificar regularidades a partir de la observación directa, transmitir conocimientos prácticos y elaborar interpretaciones sobre aquello que permanece fuera de su comprensión. Estas formas de conocimiento pueden coexistir, mezclarse o entrar en conflicto. La presencia de una explicación simbólica no implica necesariamente la ausencia de observación empírica, del mismo modo que el conocimiento práctico de un fenómeno no exige que se conozcan todos los mecanismos que lo producen [64].

La cuestión adquiere especial importancia cuando distinguimos entre explicar un acontecimiento y encontrar una respuesta que permita convivir

con él. Algunas explicaciones ayudan a anticipar resultados o a orientar la conducta; otras ofrecen significado ante experiencias difíciles de comprender o aceptar, como la muerte y el sufrimiento. Una respuesta puede desempeñar varias funciones al mismo tiempo, pero su utilidad emocional o social no demuestra que su contenido sea verdadero. Esta distinción será esencial para estudiar cómo las sociedades han construido relatos y sistemas de creencias en torno a aquello que consideran desconocido.

Desde la hipótesis epistemológica de este ensayo, la necesidad de explicar puede relacionarse con el reconocimiento de los límites de la propia comprensión. Cuando una experiencia no encaja en las interpretaciones disponibles, puede surgir el impulso de buscar una respuesta. Si esa búsqueda se desarrolla en un contexto colectivo, las explicaciones pueden compartirse, transmitirse y transformarse en representaciones que exceden la experiencia de un solo individuo. No obstante, esta relación constituye un marco interpretativo, no una secuencia histórica universal cuya aparición pueda reconstruirse de forma completa.

Tampoco debemos asumir que las primeras explicaciones humanas surgieran exclusivamente del miedo o de la incapacidad para comprender la naturaleza. La curiosidad, la exploración, las necesidades prácticas, la imaginación, la cooperación y la transmisión de experiencias pudieron intervenir de maneras diferentes. Además, la diversidad de las culturas impide reducir sus sistemas de significado a una única causa. Las explicaciones religiosas, míticas, prácticas y filosóficas deben estudiarse atendiendo a sus contextos particulares y evitando proyectar sobre sociedades antiguas categorías que no necesariamente compartían [63, 64].

El interés de este apartado reside en establecer el punto de partida del análisis: los seres humanos no solo afrontan lo desconocido mediante respuestas inmediatas, sino que también pueden elaborar interpretaciones y compartirlas con otros. A partir de esa posibilidad se abre el estudio de las formas narrativas mediante las cuales las comunidades organizan acontecimientos, transmiten significados y construyen representaciones de su mundo. El siguiente apartado examinará el mito como una de esas estructuras narrativas, sin presuponer que todos los mitos tengan un origen, una función o un significado idénticos.

13.2. EL MITO COMO ESTRUCTURA NARRATIVA

El mito constituye una forma de organizar y transmitir significados mediante relatos que relacionan acontecimientos, personajes, fuerzas naturales, orígenes y experiencias humanas. Su importancia no reside únicamente en el

contenido de cada historia, sino también en la estructura narrativa que permite conectar elementos dispersos y situarlos dentro de una interpretación compartida del mundo. A través del relato, una comunidad puede conservar experiencias, representar conflictos, explicar determinados acontecimientos y transmitir una visión de la realidad a quienes no participaron directamente en su elaboración [63, 64].

Una narración permite establecer relaciones entre un comienzo, una transformación y un resultado. Puede atribuir motivos a los acontecimientos, establecer vínculos entre causas y consecuencias y presentar un orden allí donde la experiencia inmediata ofrece una sucesión de hechos difíciles de interpretar. En el mito, esta organización narrativa puede incorporar seres sobrenaturales, antepasados, héroes, divinidades o fuerzas personificadas. Sin embargo, no todos los mitos contienen dioses ni todos persiguen explicar un fenómeno natural. Algunos abordan el origen de una comunidad, las normas que regulan su convivencia, las relaciones entre los seres humanos o los límites que organizan su mundo simbólico [63, 64].

La narración también facilita la conservación y la transmisión de contenidos culturales. Una historia puede recordarse, reproducirse y adaptarse a nuevas circunstancias, de modo que sus elementos fundamentales sobrevivan aunque cambien sus formulaciones. En las sociedades de tradición oral, la transmisión mediante relatos ha podido desempeñar un papel importante en la continuidad de determinadas representaciones colectivas. No obstante, esa continuidad no implica una reproducción exacta: las narraciones pueden transformarse con el tiempo, incorporar nuevos significados o adquirir funciones diferentes según el contexto en que se cuentan [65, 66].

El mito no debe interpretarse simplemente como una explicación defectuosa que precede al conocimiento científico. Esa lectura reduciría su complejidad y proyectaría sobre culturas distintas una separación entre conocimiento y creencia que no siempre corresponde a sus propias formas de comprender el mundo. Un mismo relato puede desempeñar funciones explicativas, rituales, normativas, identitarias o simbólicas. Para comprenderlo es necesario atender tanto a lo que narra como al contexto social en el que se transmite, a las prácticas con las que se relaciona y a los significados que le atribuyen sus participantes [64].

Desde la hipótesis epistemológica de este ensayo, el interés del mito reside en su capacidad para convertir una interpretación en una representación compartida. Una explicación individual puede desaparecer con quien la formula; una narración transmitida colectivamente puede conservarse, ampliarse y adquirir autoridad dentro de una comunidad. El relato proporciona así una estructura en la que las experiencias y las interpretaciones pueden

organizarse y comunicarse. Sin embargo, que una historia se comparta y perdure no demuestra que describa literalmente los acontecimientos ni que haya surgido con el propósito consciente de resolver una incógnita concreta [63, 65].

Esta distinción resulta fundamental para estudiar la relación entre mito y conocimiento. Los relatos pueden conservar observaciones, experiencias históricas transformadas y normas de conducta, pero también pueden incorporar elementos imaginarios o simbólicos cuya función no consiste en describir hechos verificables. Su valor cultural no depende exclusivamente de que cada elemento pueda contrastarse como una afirmación factual. Del mismo modo, reconocer su importancia simbólica no obliga a aceptar como verdaderas todas sus afirmaciones sobre el mundo [64].

El mito puede entenderse, por tanto, como una estructura narrativa capaz de organizar significados y transmitirlos entre generaciones. Su estudio permite investigar cómo las comunidades han representado sus orígenes, interpretado sus experiencias y establecido marcos compartidos de comprensión. El siguiente apartado se centrará en las explicaciones de los fenómenos naturales, examinando cómo estas pueden relacionarse con la observación, la experiencia, la tradición y la elaboración simbólica sin suponer que todas las culturas recorrieron un mismo camino.

13.3. LAS PRIMERAS EXPLICACIONES DE LOS FENÓMENOS NATURALES

La experiencia humana del mundo precedió, necesariamente, a la formulación de explicaciones sistemáticas sobre él. Antes de disponer de conceptos científicos, métodos de comprobación o sistemas elaborados de transmisión del conocimiento, los seres humanos ya se enfrentaban a fenómenos que condicionaban su supervivencia: las tormentas, el fuego, las inundaciones, las sequías, los cambios estacionales, la enfermedad y la muerte. Estos acontecimientos formaban parte de una realidad que podía observarse y padecerse, pero cuyas causas no siempre resultaban comprensibles [66].

La capacidad de reconocer regularidades pudo desempeñar un papel decisivo en ese proceso. Advertir que ciertos acontecimientos se repetían, que determinadas condiciones precedían a otras o que algunas acciones producían consecuencias relativamente previsibles permitía anticipar situaciones y ajustar la conducta. No era necesario comprender los mecanismos físicos que intervenían en cada fenómeno para aprender de sus efectos. Una comunidad podía reconocer la relación entre determinadas condiciones meteorológicas y la llegada de una estación, por ejemplo, sin poseer una explicación científica de los procesos atmosféricos implicados [66, 67].

Sin embargo, reconocer una regularidad y comprender su causa son operaciones diferentes. La primera permite identificar una asociación entre acontecimientos; la segunda exige construir una explicación sobre el vínculo que los relaciona. Entre ambas existe un espacio en el que la observación puede convivir con la incertidumbre, la inferencia y la imaginación. Cuando los indicios disponibles no bastaban para explicar un acontecimiento, era posible que surgieran interpretaciones capaces de dotarlo de sentido, aunque no pudieran verificarse mediante los recursos disponibles [67].

Desde la hipótesis epistemológica que orienta este ensayo, cabe plantear que la necesidad de interpretar los fenómenos naturales pudo contribuir al desarrollo de narraciones compartidas. Un acontecimiento extraordinario no afectaba únicamente a la persona que lo presenciaba: podía convertirse en una cuestión para el grupo, transmitirse mediante el lenguaje y recibir una explicación colectiva. La narración ofrecía así una forma de organizar la experiencia, conservar una interpretación y comunicarla a quienes no habían vivido directamente el acontecimiento [65, 68].

No debemos deducir de ello que todas las primeras explicaciones fueran necesariamente religiosas, ni que los mitos surgieran de una única necesidad psicológica. Las sociedades humanas desarrollaron formas diversas de observar, recordar, interpretar y transmitir su entorno. Tampoco disponemos de un registro directo y completo de los primeros pensamientos humanos que permita reconstruir una secuencia universal desde la ignorancia hasta el mito. Cualquier propuesta sobre ese proceso debe reconocerse como una reconstrucción hipotética, abierta a la diversidad histórica y cultural [68].

La cuestión central para este libro no consiste, por tanto, en afirmar que el ser humano inventó explicaciones sobrenaturales cada vez que ignoraba una causa natural. Se trata de examinar una posibilidad más amplia: que la capacidad de advertir acontecimientos, formular preguntas y elaborar respuestas contribuyera a transformar la incertidumbre en representaciones compartidas del mundo. Algunas de esas representaciones pudieron adquirir una dimensión mítica y religiosa; otras pudieron conservarse como conocimientos prácticos, observaciones del entorno o pautas de comportamiento transmitidas entre generaciones [65, 68].

En esta perspectiva, el mito no aparece simplemente como el resultado de una falta de conocimiento, sino como una de las formas culturales mediante las cuales una comunidad pudo organizar su experiencia y hacerla inteligible. Su aparición y sus funciones no pueden reducirse a una explicación única. No obstante, su relación con los fenómenos naturales nos permite aproximarnos a una pregunta fundamental: ¿qué sucede cuando una comunidad no solo experimenta un acontecimiento, sino que necesita compartir una respuesta acerca de por qué ha ocurrido? [68].

Esa pregunta nos conduce al siguiente paso de nuestro recorrido: el momento en que determinadas interpretaciones dejan de ser explicaciones aisladas y se integran en relatos que una comunidad reconoce, transmite y transforma a lo largo del tiempo.

13.4. LOS DIOSES COMO RESPUESTAS CULTURALMENTE COMPARTIDAS

La aparición de los dioses en las representaciones humanas del mundo constituye una cuestión compleja que no puede explicarse mediante una única causa. Las creencias religiosas presentan una diversidad histórica y cultural extraordinaria: existen sociedades con múltiples divinidades, tradiciones centradas en una figura divina principal, concepciones espirituales que no se organizan alrededor de dioses personales y sistemas de creencias cuya interpretación de la realidad no coincide con las categorías religiosas occidentales. Por ello, cualquier intento de reconstruir el origen de lo divino debe evitar convertir una experiencia cultural particular en un modelo universal [69, 70].

Desde la hipótesis epistemológica que se desarrolla en este ensayo, podemos explorar una posibilidad: que determinadas representaciones de agentes invisibles, poderes superiores o voluntades capaces de intervenir en el mundo ofrecieran respuestas culturalmente compartidas ante fenómenos difíciles de comprender. Allí donde una tormenta, una enfermedad, una catástrofe o una muerte planteaban preguntas sin una respuesta verificable, una comunidad podía interpretar lo ocurrido mediante relatos que atribuían intenciones, propósitos o capacidades extraordinarias a entidades no directamente observables. Esta posibilidad constituye una línea de interpretación, no una explicación demostrada del origen de todas las creencias religiosas [69, 70].

La atribución de intenciones a los acontecimientos merece especial atención. En la experiencia cotidiana, los seres humanos interpretamos las acciones de otros individuos atendiendo a sus propósitos, deseos y decisiones. Cabe preguntarse si, en determinadas circunstancias históricas, formas de interpretar la conducta de los agentes pudieron contribuir también a representar algunos acontecimientos naturales como resultado de una voluntad. Sin embargo, no sería riguroso afirmar que este mecanismo explica por sí solo el nacimiento de los dioses. Las creencias religiosas pueden relacionarse con múltiples factores, entre ellos la experiencia emocional, los vínculos sociales, los rituales, las tradiciones heredadas, la organización política y las formas culturales de comprender la existencia [69, 70].

La dimensión colectiva resulta esencial para nuestra reflexión. Una interpretación individual puede desaparecer con quien la formula; una explicación

compartida, en cambio, puede conservarse mediante el relato, el ritual, la enseñanza y la memoria del grupo. Cuando una comunidad reconoce una representación como parte de su mundo simbólico, esta deja de ser únicamente una respuesta posible ante un acontecimiento y pasa a formar parte de un sistema de significados. Las generaciones posteriores pueden recibirla antes de haber experimentado las circunstancias que contribuyeron a su formación. Así, la transmisión cultural permite que una explicación sobreviva, se adapte y adquiera nuevas funciones [71].

En este proceso, los dioses pudieron representar mucho más que una respuesta a los fenómenos naturales. En distintas sociedades, las figuras divinas se han relacionado también con la fertilidad, la protección, la guerra, la justicia, la autoridad, la muerte, el origen de la comunidad y el sentido de la existencia. Las divinidades pueden encarnar valores, legitimar normas, expresar conflictos o establecer vínculos entre los miembros de un grupo. Su función no se limita, por tanto, a explicar aquello que se desconoce: también puede contribuir a organizar la vida colectiva y a ofrecer marcos compartidos para interpretar la experiencia humana [69, 71].

Esta dimensión plantea una distinción importante. Que una creencia sea capaz de proporcionar seguridad, cohesión o sentido no demuestra que su contenido sobrenatural sea verdadero; del mismo modo, que una explicación no pueda verificarse científicamente no elimina automáticamente su relevancia histórica, psicológica o cultural. Conviene separar el estudio de las funciones de una creencia de la evaluación de las afirmaciones sobre la realidad que contiene. Confundir ambos planos impediría comprender tanto el alcance social de las religiones como las preguntas que suscitan sus explicaciones [69].

La hipótesis que aquí proponemos no pretende reducir la religión al miedo ni presentar a los dioses como invenciones deliberadas destinadas a engañar a los demás. Una representación puede ser asumida sinceramente, transmitida como parte de una tradición y considerada verdadera por quienes participan en ella. Las creencias compartidas no necesitan surgir de una decisión consciente de inventar una explicación: pueden desarrollarse gradualmente mediante experiencias, relatos, prácticas y reinterpretaciones sucesivas, en procesos cuya reconstrucción histórica resulta difícil [69, 71].

Desde esta perspectiva, los dioses pueden estudiarse como una de las formas mediante las cuales diversas sociedades han organizado simbólicamente su relación con lo desconocido, con la naturaleza y consigo mismas. Esta interpretación no resuelve el origen de la religión, pero permite formular una pregunta relevante para el motor epistemológico: ¿cómo llega una explicación a superar la experiencia individual y a convertirse en una referencia compartida que influye en la manera en que una comunidad comprende el mundo?

La respuesta exige examinar no solo el contenido de las creencias, sino también las condiciones que permiten conservarlas, transmitirlas y transformarlas. El siguiente apartado abordará precisamente esa trama de respuestas compartidas, en la que la memoria colectiva, las normas, los relatos y las instituciones contribuyen a dar continuidad a determinadas interpretaciones.

13.5. LA FUNCIÓN SOCIAL DE LAS EXPLICACIONES

Una explicación no adquiere relevancia únicamente por su capacidad para responder a una pregunta. También puede influir en la manera en que las personas actúan, interpretan las experiencias ajenas y se relacionan con los demás. Cuando una comunidad comparte una explicación sobre el origen de un fenómeno, el sentido de una práctica o las razones de una determinada norma, esa interpretación puede convertirse en un elemento de referencia colectiva. De este modo, las respuestas que inicialmente pudieron contribuir a comprender una experiencia pueden participar también en la organización de la vida social [72].

La convivencia humana exige afrontar situaciones que no se resuelven mediante la reacción individual. La cooperación, la distribución de tareas, el cuidado de los más vulnerables, la resolución de conflictos y la transmisión de conocimientos requieren pautas que permitan coordinar las conductas. Las explicaciones compartidas pueden contribuir a establecer esas pautas al proporcionar relatos sobre lo que una comunidad considera importante, aceptable, peligroso o necesario. No son el único fundamento de la organización social, pero pueden reforzarla cuando sus significados son reconocidos y transmitidos por sus integrantes [72, 73].

Los relatos de origen, las tradiciones y las creencias religiosas constituyen ejemplos de cómo una representación puede adquirir una función colectiva. En determinadas sociedades, un relato puede explicar por qué existe una norma, justificar una ceremonia, establecer una relación con los antepasados o definir la pertenencia a un grupo. Su eficacia social no depende exclusivamente de que sus afirmaciones puedan verificarse de manera objetiva. También intervienen la confianza depositada en quienes transmiten el relato, su repetición mediante prácticas compartidas y el valor que adquiere dentro de la experiencia colectiva.

Esta capacidad de organizar significados puede proporcionar continuidad entre generaciones. Cada individuo nace en un entorno donde ya existen palabras, costumbres, relatos, prohibiciones y formas de interpretar el mundo. No necesita reconstruir desde el principio todas las explicaciones que orientan su comunidad: las recibe, las aprende y, en ocasiones, las

modifica. La cultura actúa así como un sistema de transmisión que conserva parte de la experiencia acumulada y permite que determinadas respuestas sobrevivan a las circunstancias particulares en las que surgieron [74].

Sin embargo, la continuidad cultural no implica que las explicaciones transmitidas sean inmutables ni que todas beneficien por igual a los miembros de una sociedad. Una creencia compartida puede favorecer la cooperación, ofrecer consuelo o fortalecer la solidaridad, pero también puede legitimar jerarquías, excluir a quienes no la aceptan o dificultar la revisión de determinadas normas. La función social de una explicación debe analizarse, por tanto, atendiendo tanto a sus efectos integradores como a sus posibles consecuencias restrictivas. La cohesión de un grupo no garantiza por sí misma la justicia de sus valores ni la veracidad de sus creencias [72, 73].

En este punto aparece una distinción importante para el argumento de este libro: una explicación puede ser socialmente eficaz sin ser necesariamente verdadera. Puede contribuir a reducir la incertidumbre, orientar una conducta y proporcionar una sensación de seguridad aunque su interpretación de los acontecimientos sea incompleta o incorrecta. Por el contrario, una explicación mejor fundamentada puede encontrar resistencia cuando entra en conflicto con creencias arraigadas, intereses establecidos o identidades colectivas. El conocimiento y la aceptación social no siempre avanzan al mismo ritmo [72].

Desde la hipótesis del motor epistemológico, cabe explorar si la necesidad de comprender lo desconocido pudo enlazarse progresivamente con la necesidad de compartir respuestas que hicieran posible la convivencia. La pregunta individual habría encontrado, en determinadas circunstancias, una respuesta colectiva; esa respuesta, una vez transmitida, podría convertirse en una referencia para quienes no participaron en su formulación. No debemos interpretar este proceso como una secuencia histórica universal ni asumir que toda cultura siguió el mismo camino. Se trata de una posibilidad analítica que permite examinar la relación entre incertidumbre, elaboración simbólica y organización social [71, 74].

La transmisión colectiva introduce, además, una consecuencia decisiva: las explicaciones recibidas pueden orientar las preguntas futuras. Una comunidad no parte de una ignorancia absoluta en cada generación, porque dispone de un repertorio de conocimientos, creencias y categorías heredadas. Ese repertorio facilita la comprensión de ciertas experiencias, pero también puede delimitar aquello que se considera posible preguntar o aceptar. Las respuestas anteriores constituyen, al mismo tiempo, un recurso para el conocimiento y un marco desde el que se interpreta lo desconocido [74].

Por ello, la historia de las explicaciones humanas no puede entenderse únicamente como una sucesión de respuestas que reemplazan a otras menos precisas. Es también una historia de transmisión, adaptación, conflicto y revisión. Algunas explicaciones se conservan durante siglos; otras desaparecen o cambian de significado; otras conviven con interpretaciones alternativas. La transformación cultural depende de múltiples factores, entre ellos la experiencia, la comunicación, las relaciones de poder, los avances técnicos y la capacidad de cuestionar los marcos heredados [72, 74].

La cuestión que queda planteada es cómo estudiar estas trayectorias sin confundir la persistencia de una creencia con su verdad, ni su utilidad social con una intención deliberada de quienes la formularon. Para avanzar, será necesario reconocer los límites de cualquier reconstrucción general del origen de los mitos y las religiones [72, 74], así como la diversidad de los procesos culturales documentados. Esa cautela constituye el punto de partida del siguiente apartado.

13.6. HIPÓTESIS, DIVERSIDAD CULTURAL Y LÍMITES DE LA RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA

El recorrido realizado en este capítulo nos ha permitido examinar una posibilidad: que la necesidad de interpretar los fenómenos naturales, afrontar la incertidumbre y compartir respuestas contribuyera, en determinadas sociedades, al desarrollo de relatos míticos y representaciones religiosas. Sin embargo, la coherencia de esta interpretación no demuestra que los acontecimientos sucedieran necesariamente en ese orden, ni que exista una única explicación capaz de abarcar el origen y la evolución de todas las creencias humanas. Una hipótesis puede ofrecer un marco útil para formular preguntas sin constituir, por ello, una reconstrucción histórica confirmada.

El primer límite procede de la propia naturaleza de nuestro objeto de estudio. Los pensamientos, las preguntas y las experiencias subjetivas de los seres humanos del pasado remoto no pueden observarse directamente. Podemos investigar restos materiales, prácticas funerarias, representaciones artísticas, testimonios escritos y otras evidencias de la actividad humana, pero su interpretación requiere cautela. Un objeto ritual no revela por sí solo qué creía exactamente quien lo utilizó; una representación figurativa no permite establecer automáticamente su significado religioso; y la existencia de una práctica colectiva no demuestra que todas las personas que participaron en ella compartieran una misma explicación. Entre la evidencia material y la reconstrucción de una experiencia mental existe una distancia que no debemos ocultar [67].

A esta dificultad se añade la diversidad cultural. Las sociedades humanas no han elaborado una única respuesta ante la naturaleza, la muerte, el sufrimiento o lo desconocido. Sus interpretaciones han dependido de sus entornos, sus formas de subsistencia, sus relaciones sociales, sus tradiciones y sus circunstancias históricas. Incluso cuando distintas culturas presentan relatos o prácticas aparentemente semejantes, esa semejanza no basta para demostrar que surgieron mediante el mismo proceso. Pueden existir convergencias, intercambios, transformaciones o significados diferentes bajo formas externas parecidas. Por ello, una explicación general debe permitir la diversidad, no forzarla a encajar en una secuencia predeterminada [76].

También debemos evitar interpretar el pasado como si las sociedades humanas hubieran recorrido una escala uniforme desde la ignorancia hasta el conocimiento científico. Las explicaciones míticas, religiosas, prácticas y naturalistas no siempre se han sucedido mediante una sustitución completa de unas por otras. Pueden coexistir, cumplir funciones diferentes y transformarse de maneras desiguales [76, 77]. El desarrollo del conocimiento científico, por su parte, depende de condiciones históricas e institucionales específicas, de métodos de observación y comprobación, y de la posibilidad de someter las explicaciones a crítica. No constituye una consecuencia automática de la aparición de preguntas, ni puede reducirse a una simple etapa posterior del pensamiento mítico [77].

Estas precauciones no obligan a abandonar la investigación sobre las posibles raíces cognitivas y sociales de las creencias. Al contrario, permiten formularla con mayor precisión. Podemos estudiar cómo intervienen la detección de regularidades, la atribución de causas, la interpretación de intenciones, la memoria, el lenguaje, la transmisión cultural y la necesidad de cooperación en la construcción de representaciones compartidas. Cada uno de estos procesos cuenta con líneas de investigación propias, pero su posible contribución conjunta a la formación de determinadas creencias debe examinarse mediante evidencias específicas. No basta con que una explicación resulte psicológicamente plausible para concluir que describe el origen histórico de un fenómeno[67, 76].

En el marco de este ensayo, el motor epistemológico propone explorar una relación posible entre la conciencia de los límites del conocimiento, la incertidumbre, la formulación de preguntas y la elaboración de respuestas. La hipótesis considera que, en determinadas circunstancias, la dificultad para comprender un acontecimiento pudo estimular la búsqueda de una explicación y que algunas respuestas, al ser compartidas y transmitidas, pudieron integrarse en sistemas simbólicos más amplios. Es una propuesta interpretativa sobre posibles relaciones entre procesos cognitivos y

culturales, no una secuencia demostrada de acontecimientos ni una teoría suficiente para explicar por sí sola el nacimiento de la religión [76, 77].
Conviene distinguir, por tanto, tres planos. El primero corresponde a las evidencias que podemos documentar sobre la conducta humana, la cultura material y las tradiciones históricas. El segundo comprende las interpretaciones científicas que intentan explicar esas evidencias mediante modelos contrastables. El tercero pertenece a las hipótesis que proponemos para relacionar procesos distintos o formular nuevas preguntas. Confundir estos planos conduciría a presentar como conocimiento establecido lo que todavía necesita investigación. Mantenerlos separados permite que una propuesta filosófica dialogue con la ciencia sin atribuirse una certeza que no posee [67, 77].

Esta distinción afecta también a la relación entre explicación y creencia. Comprender las posibles condiciones cognitivas y sociales de una representación religiosa no demuestra ni refuta, por sí mismo, la existencia de aquello a lo que esa representación se refiere. El análisis histórico y científico puede investigar el origen de una creencia, sus transformaciones, sus funciones y sus efectos observables; las afirmaciones metafísicas que puedan acompañarla plantean cuestiones diferentes. El propósito de este capítulo no es resolverlas mediante una conclusión anticipada, sino delimitar qué aspectos pueden investigarse y cuáles exceden las evidencias disponibles [77].

La cautela, sin embargo, no debe confundirse con la renuncia a pensar. Si desconocemos el proceso exacto mediante el cual surgieron las primeras explicaciones humanas, podemos estudiar las capacidades que hicieron posible la elaboración y transmisión de significados, comparar hipótesis y buscar evidencias que permitan descartar algunas interpretaciones o reforzar otras. El desconocimiento no constituye una respuesta definitiva: señala el lugar donde debe comenzar una investigación mejor delimitada. Reconocer lo que ignoramos es, en este sentido, una condición del conocimiento y no una derrota de la razón.

Con este capítulo no pretendemos cerrar el problema del origen de los mitos, las religiones o las explicaciones compartidas. Hemos examinado una posible conexión entre la incertidumbre, la necesidad de interpretar el mundo y la construcción cultural de respuestas capaces de transmitirse entre generaciones. Queda abierta la cuestión de cómo esas respuestas se consolidan, se modifican y se relacionan con las formas de organización social, las identidades colectivas y la evolución de las culturas. El siguiente capítulo ampliará la perspectiva para estudiar precisamente la trama de respuestas compartidas, atendiendo a su continuidad, su transformación y su influencia sobre la manera en que los seres humanos comprenden la realidad.

Referencias al décimo tercer capítulo:

[63] Segal, R. A. (2015). Myth: A Very Short Introduction (2.ª ed.). Oxford University Press. DOI: 10.1093/actrade/9780198724704.001.0001. La ficha editorial confirma la edición, la fecha y el enfoque multidisciplinar de la obra.

[64] Hasty, J., Lewis, D. G. y Snipes, M. Introduction to Anthropology. OpenStax, apartado «Myth and Religious Doctrine». https://openstax.org/books/introduction-anthropology/pages/13-3-myth-and-religious-doctrine. El recurso presenta el estudio antropológico del mito, sus funciones sociales y su transmisión oral.

[65] Scalise Sugiyama, M. y Reilly, K. J. (2023). "Cross-cultural forager myth transmission rules: Implications for the emergence of cumulative culture". Evolution and Human Behavior, 44(6), 566–583. https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2023.01.012. Este estudio analiza cómo distintas sociedades recolectoras regulan la narración de mitos para facilitar su transmisión entre generaciones.

[66] Mithen, S. (2006). "Ethnobiology and the evolution of the human mind". Journal of the Royal Anthropological Institute, 12(S1), S45–S61. https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2006.00272.x. Estudia la evolución del pensamiento humano y las capacidades para percibir y clasificar el entorno natural.

[67] Currie, A. y Killin, A. (2019). "From things to thinking: Cognitive archaeology". Mind & Language, 34(2), 263–279. https://doi.org/10.1111/mila.12230. Examina cómo inferimos formas de pensamiento de sociedades pasadas a partir de evidencias materiales y los límites de esas reconstrucciones.

[68] Jackson, J. C., Dillion, D., Bastian, B., Watts, J., Buckner, W., DiMaggio, N. y Gray, K. (2023). "Supernatural explanations across 114 societies are more common for natural than social phenomena". Nature Human Behaviour, 7, 707–717. https://doi.org/10.1038/s41562-023-01558-0. Estudio comparativo sobre el uso de explicaciones sobrenaturales para fenómenos naturales y sociales en 114 sociedades.

[69] Boyer, P. y Bergstrom, B. (2008). "Evolutionary Perspectives on Religion". Annual Review of Anthropology, 37, 111–130. https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.37.081407.085201. Revisión de las perspectivas cognitivas y evolutivas sobre las representaciones de agentes sobrenaturales, los rituales y las conductas religiosas.

[70] Barrett, J. L. (2000). "Exploring the natural foundations of religion". Trends in Cognitive Sciences, 4(1), 29–34. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01419-9. Examina cómo procesos cognitivos ordinarios intervienen en la adquisición, conservación y transmisión de conceptos religiosos.

[71] Norenzayan, A., Shariff, A. F., Gervais, W. M., Willard, A. K., McNamara, R. A., Slingerland, E. y Henrich, J. (2016). "The cultural evolution of prosocial religions". Behavioral and Brain Sciences, 39, e1. https://doi.org/10.1017/S0140525X14001356. Estudia cómo ciertas creencias y prácticas religiosas pudieron difundirse junto con formas de cooperación, solidaridad y organización social, sin sostener que la religión sea necesaria para la moralidad o la cooperación.

[72] Gelfand, M. J., Gavrilets, S. y Nunn, N. (2024). "Norm Dynamics: Interdisciplinary Perspectives on Social Norm Emergence, Persistence, and Change". Annual Review of Psychology, 75, 341–378. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-033020-013319. Revisión interdisciplinar sobre cómo surgen, se transmiten, persisten y cambian las normas sociales.

[73] McNamara, R. A. (2024). "Cultural Evolution of Religion, Spirituality and Ritual: Impacts On Human Cooperation". Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 76, 769–788. https://doi.org/10.1007/s11577-024-00937-3. Examina la relación entre religión, ritual, transmisión cultural y cooperación humana, sin implicar que todas las creencias religiosas tengan los mismos efectos.

[74] Legare, C. H. (2019). "The Development of Cumulative Cultural Learning". Annual Review of Developmental Psychology, 1, 119–147. https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-121318-084848. Revisión sobre cómo las personas aprenden, heredan y modifican conocimientos, prácticas y tecnologías culturales a través de generaciones.

[76] Hausner, S. L. (2020). "The comparative anthropology of religion, or the anthropology of religion compared: a critical comment". Social Anthropology, 28(2), 482–495. https://doi.org/10.1111/1469-8676.12766. Examina los problemas de comparar tradiciones religiosas distintas y de tratar la categoría de religión como si tuviera un significado universal independiente de la cultura.

[77] Evans, J. H. y Evans, M. S. (2008). "Religion and Science: Beyond the Epistemological Conflict Narrative". Annual Review of Sociology, 34, 87–105. https://doi.org/10.1146/annurev.soc.34.040507.134702. Revisa las formas de estudiar las relaciones entre ciencia y religión, incluidas sus dimensiones sociales e institucionales, más allá de una oposición epistemológica simplificada.

CAPÍTULO XIV

La Trama de las Respuestas Compartidas

14.1. DEL CONOCIMIENTO INDIVIDUAL A LA EXPERIENCIA COLECTIVA

Ningún ser humano construye su conocimiento al margen de los demás. Aunque la percepción, la memoria y el aprendizaje tienen una dimensión individual, una parte sustancial de lo que cada persona llega a comprender depende de la experiencia acumulada por quienes la precedieron y de la posibilidad de compartir información con otros. Desde los primeros aprendizajes hasta las formas más complejas del conocimiento científico, la experiencia individual se desarrolla dentro de un entorno social que proporciona referencias, herramientas, explicaciones y oportunidades para contrastar lo aprendido [74].

Esta relación introduce una diferencia fundamental entre experimentar un acontecimiento y conseguir que la experiencia trascienda a quien la ha vivido. Un individuo puede descubrir una regularidad, reconocer un peligro o encontrar una solución eficaz ante un problema. Sin algún medio para transmitir ese aprendizaje, sus efectos pueden quedar limitados a su propia vida. Cuando la experiencia puede comunicarse, imitarse o incorporarse a una práctica compartida, en cambio, se abre la posibilidad de que otros se beneficien de ella sin tener que repetir íntegramente el proceso que condujo al descubrimiento [60].

La experiencia colectiva no consiste simplemente en sumar los conocimientos de varios individuos. Surge también de las relaciones que se establecen entre ellos: de la observación mutua, la cooperación, la enseñanza, la discusión y la corrección de errores. Una solución puede modificarse al ser aplicada por otra persona; una explicación puede enriquecerse cuando se contrasta con experiencias diferentes; y una práctica inicialmente limitada puede convertirse en una conducta compartida si demuestra su utilidad en determinadas circunstancias. El conocimiento colectivo es, por tanto, un proceso dinámico en el que la información circula, se interpreta y puede transformarse [60].

Este proceso tampoco garantiza que toda experiencia transmitida sea correcta. Las personas pueden compartir observaciones acertadas, pero también interpretaciones incompletas, errores y creencias difíciles de verificar.

La transmisión aumenta las posibilidades de conservar y ampliar el conocimiento, aunque también puede prolongar explicaciones equivocadas. Para que la experiencia colectiva contribuya de manera fiable a comprender la realidad, resulta importante que las afirmaciones puedan confrontarse con nuevas observaciones, que las soluciones se evalúen por sus resultados y que exista la posibilidad de revisar las interpretaciones heredadas [60].

Desde la perspectiva evolutiva, la capacidad de aprender de otros representa una ventaja potencial porque permite aprovechar información que no se ha obtenido mediante la experiencia directa. La observación de una conducta, la imitación de una técnica o el aprendizaje de una respuesta ante una situación pueden reducir el coste y el riesgo de aprender mediante el ensayo individual. No obstante, la magnitud de esa ventaja depende del contexto, de la fiabilidad de la información y de las características del organismo. Aprender socialmente no significa copiar siempre de manera exacta ni aceptar de forma indiscriminada todo lo que hacen los demás [60].

En los seres humanos, la acumulación de experiencias compartidas alcanza una dimensión especialmente amplia gracias a la combinación del lenguaje, la enseñanza, la memoria y las formas culturales de organización. Una persona puede aprender procedimientos que nunca habría descubierto por sí sola y utilizar conocimientos elaborados mucho antes de su nacimiento. Cada generación recibe así un repertorio de recursos que puede conservar, adaptar o ampliar [60, 74]. La capacidad individual no desaparece dentro de ese proceso; se desarrolla en relación con un patrimonio colectivo que proporciona tanto posibilidades como límites.

Esta relación permite introducir una cuestión central para el motor epistemológico. Si la pregunta nace de la percepción de una dificultad, una contradicción o un límite del conocimiento, la interacción con otras personas puede transformar esa inquietud individual en un problema compartido. Una observación puede suscitar preguntas en quienes la escuchan; una explicación puede ser cuestionada por alguien que ha vivido una experiencia diferente; y una respuesta aceptada durante mucho tiempo puede volver a examinarse cuando aparecen nuevos datos. La comunidad no solo transmite respuestas: también puede crear las condiciones para formular preguntas que ningún individuo habría desarrollado de la misma manera por sí solo [74].

Sin embargo, no debemos interpretar este proceso como una evolución automática desde el conocimiento individual hacia una comprensión colectiva cada vez más acertada. Los grupos también pueden reforzar prejuicios, excluir interpretaciones alternativas o mantener respuestas por razones de autoridad, identidad o tradición. La interacción social amplía las

posibilidades del conocimiento, pero su resultado depende de las condiciones en las que se produce. Compartir una explicación no equivale a demostrarla, del mismo modo que aceptar una idea de manera colectiva no garantiza que sea verdadera [60, 74].

La cuestión decisiva es, por tanto, cómo una experiencia puede abandonar los límites de la vida individual y convertirse en un recurso transmisible, capaz de conservarse y transformarse a lo largo del tiempo. Para comprender ese paso debemos examinar los medios que permiten representar lo aprendido, comunicarlo y atribuirle significados compartidos. El lenguaje y los símbolos constituyen una parte esencial de ese proceso, que abordaremos en el siguiente apartado.

14.2. LENGUAJE, SÍMBOLOS Y TRANSMISIÓN CULTURAL

La experiencia individual solo puede convertirse en un patrimonio compartido si existen medios para comunicarla y conservarla. La observación directa permite aprender de los acontecimientos, pero la posibilidad de representar lo observado mediante sonidos, gestos, imágenes, signos o palabras amplía considerablemente las formas de transmitir ese aprendizaje. La información deja de depender exclusivamente de la presencia del individuo que la ha adquirido y puede circular entre personas que no han vivido la misma experiencia, incluso entre generaciones separadas por largos periodos [60, 89].

El lenguaje constituye una de las capacidades fundamentales de este proceso. Mediante palabras y estructuras compartidas, los seres humanos pueden describir acontecimientos, expresar necesidades, formular preguntas y comunicar relaciones entre elementos que no siempre están presentes. Es posible hablar de un peligro ausente, recordar un acontecimiento pasado o anticipar una situación futura. Esta capacidad permite que la comunicación supere los límites de la experiencia inmediata y que los individuos coordinen sus acciones a partir de representaciones que comparten, aunque cada uno las interprete desde su propia experiencia [89, 95].

No obstante, el lenguaje no debe entenderse únicamente como un instrumento para transmitir información ya elaborada. También participa en la organización del pensamiento y en la construcción de categorías mediante las cuales interpretamos la realidad. Nombrar un fenómeno permite distinguirlo de otros; establecer relaciones entre conceptos facilita formular explicaciones; y disponer de palabras para expresar una duda puede ayudar a convertir una impresión confusa en una pregunta que otros comprendan y examinen. Esto no significa que todo pensamiento dependa del lenguaje ni

que las personas sean incapaces de comprender o aprender aquello para lo que todavía no poseen una palabra [94, 95]. Significa que el lenguaje proporciona recursos especialmente poderosos para articular, comunicar y revisar determinados contenidos del pensamiento [95].

Junto al lenguaje verbal, los símbolos desempeñan una función esencial. Un símbolo puede representar una persona, un objeto, una idea, una norma, una pertenencia o una realidad que no se encuentra físicamente presente. Su significado no reside únicamente en su forma material, sino también en las convenciones y experiencias culturales que permiten interpretarlo. Una imagen, un gesto ritual, una marca o un objeto pueden adquirir significados que superan ampliamente sus propiedades físicas. Cuando esos significados son compartidos, el símbolo se convierte en un punto de referencia capaz de reunir experiencias individuales dentro de un marco cultural común [94].

La capacidad simbólica amplía así el campo de aquello que puede transmitirse. No solo se comunican instrucciones prácticas o descripciones de acontecimientos: también pueden compartirse valores, recuerdos, normas, relatos sobre el origen de una comunidad y representaciones de aquello que se considera sagrado. Los símbolos permiten condensar significados complejos en formas reconocibles, aunque su interpretación dependa del contexto. Un mismo símbolo puede cambiar de sentido entre culturas o adquirir significados diferentes dentro de una misma sociedad a lo largo del tiempo. La transmisión cultural no consiste, por tanto, en trasladar contenidos inalterables de una mente a otra, sino en comunicar representaciones que pueden conservarse, reinterpretarse y transformarse [60, 94].

Esta transformación resulta especialmente importante para comprender la continuidad de los conocimientos. Una explicación puede transmitirse oralmente, incorporarse a una narración, expresarse mediante una imagen o integrarse en una práctica colectiva. Cada medio ofrece posibilidades y limitaciones distintas. La tradición oral facilita la adaptación de los relatos a nuevas circunstancias, aunque también puede introducir variaciones; la escritura permite conservar formulaciones con mayor estabilidad, pero no garantiza que todos los lectores las interpreten del mismo modo. Los registros materiales, las imágenes y otras formas de representación contribuyen igualmente a mantener información disponible más allá de la memoria individual [60, 74].

La transmisión cultural requiere, además, un contexto que permita aprender los significados. Un signo aislado no transmite necesariamente la misma información a todas las personas. Para comprenderlo suelen ser necesarias experiencias compartidas, conocimientos previos y convenciones aprendidas. Los individuos adquieren esas referencias mediante la convivencia, la

observación, la enseñanza y la participación en prácticas sociales. De este modo, cada generación recibe no solo un conjunto de palabras y símbolos, sino también formas de utilizarlos, interpretarlos y relacionarlos con el mundo [94].
Desde la perspectiva del motor epistemológico, el lenguaje y la capacidad simbólica permiten que la pregunta individual adquiera una dimensión colectiva. Una persona puede expresar una duda, compartir una observación o proponer una explicación; otras pueden comprenderla, discutirla, modificarla o transmitirla a quienes no estuvieron presentes. La pregunta deja entonces de depender exclusivamente de la conciencia que la formuló y puede incorporarse al repertorio de cuestiones que una comunidad considera relevantes. Del mismo modo, las respuestas pueden conservarse y convertirse en puntos de partida para nuevas preguntas [60, 67].

Esta posibilidad no implica que el lenguaje conduzca necesariamente hacia un conocimiento más exacto. Las mismas capacidades que permiten comunicar observaciones y corregir interpretaciones pueden servir para difundir rumores, consolidar prejuicios o mantener explicaciones infundadas. Los símbolos pueden facilitar la cooperación, pero también delimitar identidades y establecer diferencias entre quienes pertenecen a un grupo y quienes quedan fuera de él. La transmisión cultural amplía las posibilidades de aprendizaje, aunque la calidad de lo transmitido depende de las prácticas mediante las cuales se interpreta, contrasta y utiliza [60, 94].

El lenguaje y los símbolos representan, en consecuencia, algo más que herramientas de comunicación: constituyen medios mediante los cuales la experiencia puede adquirir continuidad social. Gracias a ellos, una observación puede convertirse en relato; un relato, en tradición; y una tradición, en un marco desde el que las generaciones posteriores interpretan su propia experiencia. Este proceso permite acumular conocimientos, pero también conservar errores y reinterpretar el pasado desde las necesidades del presente.
La cuestión que debemos abordar a continuación es cómo esa transmisión puede prolongarse más allá de la vida de cada individuo y formar una memoria que pertenezca, en cierto sentido, a una comunidad. Para ello será necesario examinar la relación entre memoria individual, registros culturales y acumulación intergeneracional del conocimiento.

14.3. LA MEMORIA COLECTIVA Y LA ACUMULACIÓN DEL CONOCIMIENTO

La memoria individual está limitada por las capacidades de cada organismo y por la duración de su existencia. Una persona puede conservar experiencias, aprender de sus errores y utilizar lo aprendido para orientar sus

decisiones futuras, pero no puede transmitir directamente a otra mente la totalidad de sus recuerdos. Para que una experiencia sobreviva a quien la ha vivido, necesita encontrar algún medio de conservación y transmisión. En los seres humanos, esta posibilidad se desarrolla mediante la comunicación, las prácticas compartidas, los relatos, los objetos, las imágenes y, posteriormente, los sistemas de escritura y otros registros externos [60, 74].

La memoria colectiva no debe entenderse como si una sociedad dispusiera de un cerebro único en el que se almacenaran todos los recuerdos de sus integrantes. Se trata, más bien, de un conjunto de procesos mediante los cuales una comunidad conserva y reconstruye referencias sobre su pasado. Las personas recuerdan, narran y reinterpretan acontecimientos; los grupos mantienen determinadas ceremonias, relatos y costumbres; y los registros materiales permiten recuperar información que ya no permanece en la memoria de quienes la produjeron. La memoria colectiva existe a través de esas relaciones, prácticas y soportes, y puede cambiar cuando cambian las personas que la mantienen o las circunstancias desde las que se interpreta [78].

Esta forma de continuidad tiene consecuencias importantes. Una generación no necesita descubrir por sí misma todas las soluciones que otras encontraron antes. Puede aprender técnicas, reconocer peligros, aprovechar observaciones acumuladas y recibir explicaciones sobre su entorno. El conocimiento heredado reduce la necesidad de repetir ciertos procesos de aprendizaje desde el principio y permite dedicar esfuerzos a problemas nuevos. De esta manera, la experiencia de unos individuos puede convertirse en un recurso para otros que viven en condiciones distintas o que afrontan desafíos que sus antecesores no llegaron a conocer [60, 74].

Sin embargo, la acumulación del conocimiento no se produce de manera automática. Para que una información resulte útil a las generaciones posteriores, debe conservarse de alguna forma, transmitirse de manera comprensible y poder aplicarse a las circunstancias correspondientes. Algunas técnicas desaparecen porque dejan de practicarse; ciertos relatos se transforman durante su transmisión; y determinados conocimientos pierden utilidad cuando cambia el entorno. En otras ocasiones, la información conservada se combina con nuevas observaciones y permite elaborar procedimientos más eficaces. La continuidad cultural depende, por tanto, tanto de la conservación como de la capacidad de adaptación [60].

La escritura amplió considerablemente las posibilidades de esa acumulación al permitir registrar información con una estabilidad y una extensión que la memoria oral no siempre podía ofrecer. Los documentos hicieron posible comparar testimonios separados por generaciones, conservar instrucciones

complejas y desarrollar sistemas de conocimiento cuya consulta ya no dependía exclusivamente de la presencia de quienes los habían formulado. Más adelante, la imprenta, las bibliotecas, los archivos y las tecnologías digitales multiplicaron las posibilidades de reproducción y acceso. Cada transformación amplió los medios disponibles para conservar información, aunque ninguna eliminó la necesidad de interpretarla y evaluar su fiabilidad [78].

Conviene distinguir, no obstante, entre acumular información y aumentar el conocimiento. Un archivo puede contener una gran cantidad de datos sin que estos se comprendan adecuadamente; una tradición puede preservar fielmente una afirmación sin demostrar que sea correcta; y una sociedad puede disponer de registros extensos sin conseguir convertirlos en soluciones para sus problemas. La acumulación adquiere valor cognitivo cuando la información puede relacionarse, contrastarse, interpretarse y utilizarse para mejorar la comprensión de la realidad. Conservar constituye una condición importante, pero no suficiente, para conocer [60].

La memoria colectiva también selecciona. Ninguna comunidad conserva todos los acontecimientos con el mismo grado de detalle ni atribuye idéntica importancia a todas las experiencias. Algunas se transmiten porque se consideran esenciales para la identidad del grupo; otras permanecen en documentos especializados; y muchas desaparecen, quedan fuera de los relatos dominantes o solo pueden reconstruirse de manera fragmentaria. Esa selección puede responder a limitaciones prácticas, a cambios culturales o a relaciones de poder. Por ello, la memoria colectiva no es un reflejo completo y neutral del pasado, sino una relación dinámica entre lo que se conserva, lo que se olvida y los significados que se atribuyen a lo recordado [78].

Esta cuestión resulta especialmente relevante para el estudio de los mitos y las creencias. Una explicación transmitida durante generaciones puede mantener su presencia cultural incluso cuando las circunstancias que contribuyeron a su aparición ya no existen. Su continuidad puede depender de la autoridad de la tradición, de su incorporación a los rituales, de su relación con la identidad del grupo o de su capacidad para proporcionar un marco de significado. La permanencia de una creencia demuestra que ha encontrado mecanismos de transmisión, pero no constituye por sí misma una prueba de la veracidad de su contenido [63, 64].

Desde la perspectiva del motor epistemológico, la memoria colectiva introduce una relación decisiva entre las preguntas del pasado y las del presente. Las respuestas heredadas permiten interpretar experiencias nuevas, pero también establecen categorías y expectativas que influyen en las preguntas que una comunidad considera posibles o relevantes. Cada

generación recibe un repertorio de explicaciones que puede utilizar, cuestionar o modificar. El conocimiento no comienza de nuevo con cada individuo: se desarrolla dentro de una historia de aprendizajes, interpretaciones y desacuerdos que condiciona, sin determinar por completo, las posibilidades de pensamiento [60, 74].

La acumulación cultural permite así que una pregunta sobreviva a quien la formuló y que una respuesta pueda ser revisada mucho después de su aparición. Una observación registrada puede adquirir un significado nuevo cuando se compara con otros datos; una explicación heredada puede modificarse al entrar en contacto con evidencias que antes no estaban disponibles; y un error conservado puede convertirse en objeto de estudio cuando se dispone de mejores métodos para examinarlo. La memoria colectiva no garantiza el progreso, pero hace posible que la revisión del conocimiento se extienda más allá de la experiencia individual [60].
La cuestión siguiente es cómo se produce esa continuidad en la vida cotidiana y qué ventajas puede ofrecer a los grupos humanos. Para comprenderlo, debemos examinar la relación entre cooperación, aprendizaje social y supervivencia, atendiendo tanto a las posibilidades que abre la experiencia compartida como a los límites y riesgos que acompañan a la dependencia de los demás.

14.4. COOPERACIÓN, APRENDIZAJE SOCIAL Y SUPERVIVENCIA

La supervivencia de un organismo depende de su capacidad para responder a las condiciones de su entorno, pero esas respuestas no se desarrollan siempre de manera aislada. En numerosas especies, la interacción con otros individuos influye en la adquisición de conductas, en el acceso a recursos y en la protección frente a determinados riesgos. La cooperación y el aprendizaje social constituyen dos procesos diferentes, aunque pueden complementarse: la primera permite coordinar acciones que producen beneficios compartidos o relacionados; el segundo hace posible adquirir información observando la conducta o los resultados obtenidos por otros [79, 80].

La cooperación puede ofrecer ventajas cuando una tarea resulta difícil, peligrosa o costosa para un solo individuo. La defensa colectiva, el cuidado de las crías, la búsqueda coordinada de alimento y otras formas de interacción pueden aumentar las posibilidades de supervivencia en determinadas condiciones. Sin embargo, sus beneficios dependen de la especie, del entorno y de la organización de la conducta. La cooperación no constituye una regla universal de la naturaleza, ni toda interacción entre organismos implica una finalidad compartida. La competencia, el conflicto y la explotación de los recursos también forman parte de las relaciones biológicas [79].

El aprendizaje social añade otra dimensión a estas relaciones. Un individuo puede obtener información observando cómo actúa otro, qué recursos utiliza o qué consecuencias se derivan de una conducta. De esta forma, puede adquirir respuestas que no habría desarrollado mediante su propia experiencia o evitar algunos de los costes asociados al ensayo y error. La información procedente de otros individuos puede resultar especialmente valiosa cuando el entorno presenta riesgos o cuando determinadas oportunidades son difíciles de reconocer por experiencia directa. Aun así, aprender de otros no garantiza una respuesta acertada: una conducta observada puede ser ineficaz en un contexto diferente, y la información transmitida puede resultar incompleta o desactualizada [79, 80].

En distintas especies animales encontramos formas diversas de aprendizaje social y cooperación. Algunas conductas se adquieren mediante la observación; otras dependen de relaciones sociales prolongadas, de la experiencia compartida o de mecanismos de comunicación específicos. La amplitud y complejidad de estos procesos varían considerablemente, por lo que conviene evitar una interpretación que los presente como etapas idénticas de una única evolución hacia la conducta humana. Su estudio permite reconocer continuidades biológicas sin borrar las diferencias entre las capacidades cognitivas y sociales de las distintas especies [80, 81].

En los seres humanos, el aprendizaje social adquiere una amplitud particular por su relación con el lenguaje, la enseñanza y la transmisión cultural. Una persona puede aprender a utilizar herramientas, reconocer señales de peligro, aplicar técnicas o resolver problemas mediante la observación y la instrucción. La experiencia de un individuo puede beneficiar a muchos otros, y una práctica eficaz puede transmitirse más allá del grupo en el que apareció. Cuando los conocimientos se conservan y se perfeccionan a través de sucesivas generaciones, el aprendizaje deja de depender exclusivamente de las capacidades y experiencias de cada persona [60, 80].

La cooperación también puede facilitar esa acumulación. La distribución de tareas permite que distintos individuos desarrollen habilidades complementarias; la comunicación hace posible coordinar acciones; y el intercambio de información puede contribuir a resolver problemas que superarían los recursos de una sola persona. En las sociedades humanas, estas relaciones pueden extenderse a grupos numerosos y sostener actividades cuya complejidad requiere conocimientos especializados. Buena parte de las capacidades de una comunidad depende, por tanto, no solo de lo que cada individuo sabe hacer, sino también de la posibilidad de combinar sus conocimientos con los de otros [60, 81].

No obstante, cooperación y aprendizaje social deben analizarse sin idealizarlos. Los individuos pueden imitar conductas perjudiciales, mantener prácticas ineficaces o transmitir creencias que no han sido contrastadas. Los grupos pueden coordinarse para alcanzar objetivos que benefician a sus integrantes y, al mismo tiempo, perjudican a otros. Además, las relaciones de autoridad y las diferencias de acceso a los recursos influyen en quién enseña, qué conocimientos se transmiten y cuáles quedan excluidos. La eficacia de una conducta para la supervivencia de un grupo no equivale necesariamente a su beneficio para todos sus miembros ni a su valor moral [79, 81].

Desde la perspectiva del motor epistemológico, estos procesos permiten explorar una relación entre la necesidad de resolver problemas y la capacidad de aprovechar respuestas ajenas. Una dificultad que un individuo no consigue superar puede encontrar una solución mediante la experiencia de otro; una observación aislada puede adquirir importancia cuando se comparte; y una respuesta inicialmente local puede incorporarse a las prácticas de una comunidad. La cooperación amplía así las posibilidades de actuación, mientras que el aprendizaje social permite que parte de la experiencia obtenida por unos individuos influya en la conducta de otros [60, 79].

Esta relación también puede modificar la manera en que surgen y evolucionan las preguntas. Cuando las personas comparten problemas, pueden comparar sus observaciones, descubrir discrepancias y reconocer que una explicación aceptada no resulta suficiente en todas las circunstancias. La interacción social puede estimular la búsqueda de nuevas respuestas, aunque también puede reforzar la conformidad y dificultar el cuestionamiento de las ideas dominantes. El grupo constituye, por ello, tanto un entorno de aprendizaje como un espacio en el que las creencias y las normas pueden limitar la exploración individual [79, 81].

La supervivencia no depende únicamente de responder adecuadamente a los desafíos inmediatos, sino también, en determinadas condiciones, de aprovechar la información acumulada y modificar las conductas cuando cambian las circunstancias. La cooperación y el aprendizaje social pueden contribuir a esa flexibilidad al permitir que las experiencias se distribuyan entre los integrantes de una población y se transmitan a lo largo del tiempo. No representan una garantía de adaptación ni una trayectoria inevitable hacia formas superiores de conocimiento, pero sí constituyen procesos fundamentales para comprender cómo los organismos y, de manera especialmente amplia, las sociedades humanas aprovechan la experiencia compartida [60, 80].

Queda por examinar cómo este conjunto de relaciones se convierte en un entorno que participa en el propio desarrollo de las capacidades cognitivas. La cultura no se limita a conservar lo que los individuos ya saben: también proporciona herramientas, categorías, prácticas y formas de interacción mediante las cuales aprenden a percibir, interpretar y resolver problemas. Esa relación entre cultura y desarrollo cognitivo será el objeto del siguiente apartado [60, 81].

14.5. LA CULTURA COMO ENTORNO DE DESARROLLO COGNITIVO

El desarrollo de las capacidades cognitivas humanas no puede comprenderse atendiendo exclusivamente a las características biológicas del individuo. El cerebro proporciona las condiciones necesarias para percibir, aprender, recordar y razonar, pero las capacidades que una persona desarrolla dependen también de su experiencia y del entorno en el que crece. Desde los primeros años de vida, la interacción con otras personas, la adquisición del lenguaje, la observación de conductas y la participación en prácticas compartidas contribuyen a configurar las formas de comprender y actuar sobre el mundo [82].

La cultura constituye, en este sentido, un entorno de aprendizaje. Cada sociedad dispone de conocimientos, técnicas, normas, símbolos y procedimientos que sus integrantes pueden adquirir mediante la convivencia y la enseñanza. Una persona no necesita inventar por sí misma todos los instrumentos que utiliza, descubrir de manera independiente cada regularidad de su entorno ni construir desde cero las categorías con las que interpreta su experiencia. Aprende dentro de un marco que ya existe y que le ofrece recursos para desarrollar capacidades que, sin esa transmisión, resultarían más difíciles de adquirir o tendrían un alcance diferente [82, 84].

Esta relación se observa en el aprendizaje del lenguaje, en la adquisición de habilidades prácticas y en el desarrollo de formas más complejas de razonamiento. Las palabras permiten distinguir y relacionar conceptos; los sistemas de representación facilitan organizar información; y las herramientas culturales proporcionan procedimientos para resolver problemas. La escritura, los números, los mapas, los diagramas y otros recursos simbólicos permiten operar con información que excede lo que una persona podría mantener y manipular únicamente mediante su experiencia inmediata. La cultura amplía así el repertorio de medios con los que los individuos pueden pensar, comunicar y actuar [83].

No debemos interpretar esta influencia como si el entorno cultural determinara por completo el pensamiento de cada persona. Los individuos presentan diferencias biológicas, experiencias particulares y capacidades de aprendiza-

je diversas. Además, pueden apropiarse de los conocimientos recibidos de maneras distintas, cuestionarlos o utilizarlos para producir nuevas interpretaciones. La cultura ofrece condiciones y recursos, pero no elimina la iniciativa individual ni convierte a los integrantes de una sociedad en reproducciones idénticas de un mismo modelo. El desarrollo cognitivo surge de la interacción entre las capacidades del organismo, la experiencia personal y las oportunidades de aprendizaje disponibles [82].

La transmisión cultural también permite que una generación se apoye en los logros de las anteriores. Las técnicas pueden perfeccionarse, las explicaciones pueden revisarse y los conocimientos pueden combinarse para abordar problemas nuevos. Este proceso de acumulación hace posible que una comunidad desarrolle capacidades que no dependen de que cada individuo domine por sí solo todos los saberes disponibles. En muchos ámbitos, el conocimiento está distribuido entre personas, herramientas, registros e instituciones. La competencia colectiva puede superar ampliamente la de cualquiera de sus integrantes considerado de manera aislada, aunque su eficacia dependa de la coordinación y del acceso efectivo a esos recursos [60, 83, 84].

Sin embargo, el entorno cultural no transmite únicamente conocimientos útiles o explicaciones bien fundamentadas. También conserva hábitos, prejuicios, errores y creencias que pueden permanecer vigentes aunque existan razones para revisarlos. Las categorías aprendidas durante el desarrollo ayudan a organizar la experiencia, pero pueden influir en aquello que una persona percibe como evidente, posible o aceptable. De este modo, la cultura ofrece herramientas para comprender el mundo y, al mismo tiempo, establece marcos de interpretación que pueden dificultar la identificación de determinados problemas. Aprender de una tradición no significa necesariamente comprender sus fundamentos ni disponer de los medios para cuestionarlos [76].

Esta ambivalencia resulta esencial para el argumento del motor epistemológico. Si el individuo se desarrolla dentro de un entorno de respuestas previamente elaboradas, su relación con lo desconocido no comienza desde una ausencia absoluta de explicaciones. Desde muy temprano recibe palabras, categorías, relatos y conocimientos que le permiten interpretar numerosas experiencias. Pero ese repertorio heredado también influye en la forma de plantear nuevas preguntas. Algunas cuestiones pueden surgir precisamente porque los conocimientos disponibles resultan insuficientes; otras pueden no formularse porque el marco cultural existente no ofrece todavía los conceptos necesarios para reconocerlas [82, 83].

Podemos plantear, por tanto, que el desarrollo del conocimiento humano depende tanto de la capacidad de incorporar respuestas como de la

posibilidad de revisarlas. La cultura conserva experiencias que evitan comenzar siempre desde el principio, pero su contribución al conocimiento requiere que los contenidos transmitidos puedan contrastarse con la realidad y modificarse cuando sea necesario. La educación, el intercambio de ideas, la investigación y el debate ofrecen diferentes vías para examinar las explicaciones heredadas. Ninguna de ellas garantiza por sí sola que una sociedad avance hacia interpretaciones más acertadas, pero todas pueden crear condiciones favorables para que las respuestas no permanezcan inmunes a la crítica [60, 84].

Desde esta perspectiva, la relación entre cultura y cognición no debe describirse como una simple transmisión unilateral. Las personas reciben conocimientos de su entorno, los utilizan para interpretar nuevas experiencias y, en determinadas circunstancias, contribuyen a transformar aquello que recibieron. Una innovación puede incorporarse a las prácticas de una comunidad; una explicación puede modificarse al confrontarse con nuevas evidencias; y una pregunta individual puede convertirse en un problema colectivo que impulse nuevas formas de investigación. La cultura proporciona continuidad, mientras que la actividad de quienes participan en ella hace posible su transformación [60, 84].

El recorrido de este capítulo permite reconocer así una trama de relaciones entre experiencia individual, lenguaje, memoria colectiva, cooperación y desarrollo cognitivo. Ninguno de estos elementos explica por sí solo la complejidad del conocimiento humano, pero su interacción ayuda a comprender cómo las experiencias pueden transmitirse, acumularse y convertirse en recursos para generaciones posteriores. La capacidad de conocer no pertenece únicamente al individuo aislado ni puede atribuirse sin más a una entidad colectiva: se desarrolla en la relación entre organismos capaces de aprender y entornos sociales que conservan, distribuyen y transforman información [83, 84].

En el marco de nuestra hipótesis, esta trama cultural amplía el alcance del motor epistemológico. La pregunta no solo puede surgir de los límites que una persona encuentra en su propia experiencia; también puede aparecer cuando las respuestas recibidas entran en conflicto con nuevas observaciones, cuando distintas interpretaciones resultan incompatibles o cuando los conocimientos disponibles dejan de resolver un problema. La cultura puede proporcionar las condiciones para formular esas preguntas y los medios para examinarlas, aunque también puede retrasarlas cuando determinadas explicaciones se convierten en verdades incuestionables [76, 82].

La conclusión de este capítulo no es que toda acumulación cultural conduzca inevitablemente a una mayor inteligencia ni que las sociedades evolucionen siguiendo una trayectoria única. Es que la experiencia comparti-

da modifica profundamente las condiciones en las que los individuos aprenden, recuerdan, razonan y construyen nuevas explicaciones. La cultura constituye un entorno de desarrollo cognitivo porque permite aprovechar conocimientos ajenos, conservar recursos simbólicos y afrontar problemas que exceden la experiencia de una sola vida. Su mayor potencial aparece cuando la continuidad de lo aprendido no impide su revisión [60, 84].

A partir de aquí, el siguiente paso será examinar cómo la transmisión cultural se relaciona con los mecanismos biológicos de la herencia y con las transformaciones evolutivas de las poblaciones humanas. Esa relación nos llevará a estudiar la coevolución entre genes y cultura, sin confundir la transmisión genética con el aprendizaje social ni suponer que ambos procesos actúan de manera independiente [84].

Referencias al décimo cuarto capítulo:

[60] Mesoudi, A. y Thornton, A. (2018). "What is cumulative cultural evolution?". Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1880), 20180712. https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0712. Este trabajo permite fundamentar la evolución cultural acumulativa y la transmisión de información entre individuos y generaciones. Es especialmente pertinente para los párrafos 2–5 y 8.

[63] Segal, R. A. (2015). Myth: A Very Short Introduction (2.ª ed.). Oxford University Press. DOI: 10.1093/actrade/9780198724704.001.0001. La ficha editorial confirma la edición, la fecha y el enfoque multidisciplinar de la obra.

[64] Hasty, J., Lewis, D. G. y Snipes, M. Introduction to Anthropology. OpenStax, apartado «Myth and Religious Doctrine». https://openstax.org/books/introduction-anthropology/pages/13-3-myth-and-religious-doctrine. El recurso presenta el estudio antropológico del mito, sus funciones sociales y su transmisión oral.

[67] Currie, A. y Killin, A. (2019). "From things to thinking: Cognitive archaeology". Mind & Language, 34(2), 263–279. https://doi.org/10.1111/mila.12230. Examina cómo inferimos formas de pensamiento de sociedades pasadas a partir de evidencias materiales y los límites de esas reconstrucciones.

[74] Legare, C. H. (2019). "The Development of Cumulative Cultural Learning". Annual Review of Developmental Psychology, 1, 119–147. https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-121318-084848.

[76] Hausner, S. L. (2020). "The comparative anthropology of religion, or the anthropology of religion compared: a critical comment". Social Anthropology, 28(2), 482–495. https://doi.org/10.1111/1469-8676.12766. Examina los problemas de comparar tradiciones religiosas distintas y de tratar la categoría de religión como si tuviera un significado universal independiente de la cultura.

[78] Olick, J. K. (1999). "Collective Memory: The Two Cultures". Sociological Theory, 17(3), 333–348. https://doi.org/10.1111/0735-2751.00083

[79] Hoppitt, W. y Laland, K. N. (2008). "Social processes influencing learning in animals: a review of the evidence". Advances in the Study of Behavior, 38, 105–165. https://doi.org/10.1016/S0065-3454(08)00003-X. Revisión de los mecanismos de aprendizaje social en animales y de cómo la información puede difundirse entre individuos.

[80] Whiten, A. (2017). "Social learning and culture in child and chimpanzee". Annual Review of Psychology, 68, 129–154. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044108. Compara el aprendizaje social y la cultura en seres humanos y chimpancés, abordando tanto las continuidades evolutivas como las particularidades de la acumulación cultural humana.

[81] Whiten, A. (2019). "Cultural evolution in animals". Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 50, 27–48. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110218-025040. Revisa la evidencia de transmisión cultural en distintas especies y advierte que la cultura animal y la acumulación cultural humana presentan semejanzas y diferencias.

[82] Tomasello, M. (2000). "Culture and Cognitive Development". Current Directions in Psychological Science, 9(2), 37–40. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00056.

[83] Hutchins, E. (1995). Cognition in the Wild. Cambridge, MA: MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/1881.001.0001.

[84] Richerson, P. J., Boyd, R. y Henrich, J. (2010). "Gene-Culture Coevolution in the Age of Genomics". Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(Suppl. 2), 8985–8992. https://doi.org/10.1073/pnas.0914631107

[89] Tamariz, M. y Kirby, S. (2016). "The Cultural Evolution of Language". Current Opinion in Psychology, 8, 37–43. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.09.003. Examina cómo la transmisión y el uso compartido contribuyen a la evolución de las estructuras lingüísticas.

[94] Gelman, S. A. y Roberts, S. O. (2017). "How language shapes the cultural inheritance of categories". Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), 7900–7907. https://doi.org/10.1073/pnas.1621073114

[95] Fedorenko, E., Piantadosi, S. T. y Gibson, E. A. F. (2024). "Language is primarily a tool for communication rather than thought". Nature, 630, 575–586. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07522-w

CAPÍTULO XV

La Coevolución Gen-Cultura

15.1. LA INTERACCIÓN ENTRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y CULTURA

La evolución humana no puede comprenderse atendiendo exclusivamente a los cambios biológicos ni considerando la cultura como un fenómeno independiente de las capacidades del organismo. A lo largo de nuestra historia evolutiva, las características biológicas de los seres humanos han condicionado sus posibilidades de aprendizaje, comunicación y cooperación, mientras que las formas de vida desarrolladas por las poblaciones humanas han modificado las condiciones ambientales y sociales en las que se produce la evolución. Esta relación recíproca constituye el fundamento de la coevolución gen-cultura [85].

La evolución genética se produce cuando las variantes hereditarias de una población cambian a lo largo de las generaciones mediante procesos como la mutación, la selección natural, la deriva genética y el flujo génico. La evolución cultural, por su parte, comprende los cambios en los conocimientos, las prácticas, las creencias, las técnicas y otras formas de información que se transmiten socialmente. Aunque ambos procesos pueden interactuar, no funcionan mediante mecanismos idénticos. La información genética se transmite a través de los sistemas de herencia biológica, mientras que la información cultural puede adquirirse mediante la observación, la imitación, la enseñanza, el lenguaje y otras formas de aprendizaje social [84, 85].

La distinción resulta fundamental porque permite evitar una interpretación simplificada de la relación entre biología y cultura. Una práctica cultural puede extenderse con rapidez entre una población sin que se produzca un cambio genético equivalente. Del mismo modo, una variante genética puede aumentar o disminuir su frecuencia sin que exista una transformación cultural asociada. Sin embargo, cuando determinadas prácticas alteran de forma persistente las condiciones de vida, pueden modificar las presiones selectivas que afectan a las poblaciones. En esas circunstancias, la evolución cultural y la genética pueden influirse recíprocamente a lo largo de numerosas generaciones [85].

Un ejemplo ampliamente estudiado es la relación entre la ganadería lechera y la persistencia de la actividad de la enzima lactasa durante la edad adulta. En

muchas poblaciones humanas, la capacidad de digerir grandes cantidades de lactosa después de la infancia disminuye de forma natural. Sin embargo, en algunas poblaciones con una larga historia de ganadería y consumo de leche se extendieron variantes genéticas asociadas a la persistencia de la lactasa. Las prácticas culturales relacionadas con la producción y el consumo de leche contribuyeron a crear condiciones en las que esas variantes podían ofrecer ventajas selectivas. El ejemplo muestra cómo una práctica cultural puede modificar el entorno selectivo y favorecer determinados cambios genéticos, aunque la historia concreta varíe entre poblaciones [86].

La relación entre ambos procesos también puede observarse en otros ámbitos, como la alimentación, los asentamientos humanos y las transformaciones del entorno derivadas de las actividades económicas. La agricultura, por ejemplo, modificó la disponibilidad de alimentos, las formas de asentamiento y la exposición a determinadas enfermedades. Estas transformaciones tuvieron consecuencias para las condiciones de vida de las poblaciones, aunque sus efectos biológicos fueron diversos y no pueden reducirse a una única trayectoria evolutiva. La cultura puede abrir nuevas oportunidades de adaptación, pero también generar riesgos, dependencias y presiones selectivas diferentes de las existentes con anterioridad [85].

Esta interacción no debe interpretarse como si la cultura actuara con una finalidad biológica predeterminada. Las sociedades no desarrollan necesariamente una práctica porque esta vaya a favorecer la evolución genética futura de sus integrantes. Las innovaciones culturales pueden surgir por motivos diversos, difundirse por imitación o contacto social y producir consecuencias biológicas que nadie había previsto. La selección natural actúa sobre las variaciones hereditarias en determinadas condiciones; no anticipa las necesidades futuras ni dirige la evolución hacia un objetivo establecido [85].

Desde la perspectiva de este ensayo, la coevolución gen-cultura permite comprender mejor que las capacidades humanas se desarrollan dentro de una historia en la que intervienen tanto la herencia biológica como la experiencia social acumulada. Las facultades necesarias para aprender, recordar, comunicarse y cooperar tienen una base biológica, pero sus manifestaciones dependen también de las condiciones culturales en las que cada individuo crece. A su vez, las prácticas culturales pueden transformar los entornos en los que viven las poblaciones y, con ello, influir en las condiciones de su evolución [84, 85].

Esta relación introduce una dimensión adicional en nuestra hipótesis sobre el motor epistemológico. Las preguntas, las explicaciones y los conocimientos compartidos no aparecen al margen de la biología humana, pero tampoco

pueden explicarse únicamente mediante ella. La capacidad de formular una pregunta depende de facultades cognitivas desarrolladas a través de una historia biológica; la posibilidad de transmitirla, conservarla y transformarla depende, además, de los recursos culturales y sociales disponibles [84, 85]. La evolución biológica proporciona condiciones para el desarrollo de la cultura, mientras que la cultura modifica los entornos en los que esas capacidades se ejercen y pueden transmitirse.

Debemos evitar, no obstante, presentar esta relación como una cadena causal simple en la que cada avance cultural produce automáticamente una mejora genética o cognitiva. La coevolución gen-cultura comprende procesos múltiples, con ritmos diferentes y efectos que pueden ser contradictorios. Una práctica puede difundirse sin producir una adaptación genética apreciable; una modificación ambiental puede favorecer unas variantes y perjudicar otras; y una innovación cultural puede aumentar determinadas capacidades mientras introduce nuevas dificultades. La interacción entre biología y cultura no implica una progresión inevitable hacia una inteligencia superior, sino una historia evolutiva condicionada por circunstancias cambiantes [85].

Comprender esta relación nos permite situar el desarrollo humano dentro de un marco más amplio. El individuo hereda características biológicas, pero también nace en un entorno cultural que influye en sus aprendizajes y en sus posibilidades de participación social. La cultura no reemplaza a la biología ni constituye una fuerza separada de ella: se desarrolla gracias a organismos capaces de aprender y comunicarse, y puede modificar las condiciones en las que esos organismos viven y evolucionan [85].

El siguiente paso consiste en examinar cómo se transmite la información cultural, qué mecanismos permiten que unas prácticas se mantengan mientras otras desaparecen y de qué manera los individuos seleccionan, modifican o combinan lo que aprenden de los demás. Para ello, debemos distinguir la herencia genética de la transmisión cultural sin perder de vista las relaciones que pueden establecerse entre ambas [84, 85].

15.2. LA TRANSMISIÓN CULTURAL Y SUS MECANISMOS

La cultura solo puede mantenerse y transformarse si existe algún mecanismo que permita transmitir sus contenidos entre individuos. A diferencia de la información genética, que se transmite mediante los procesos biológicos de la herencia, la información cultural puede adquirirse durante la vida de un organismo a través de la observación, la imitación, la enseñanza, la comunicación y la participación en prácticas compartidas. Esta diferencia

resulta fundamental para comprender por qué una innovación cultural puede difundirse en una población en un periodo relativamente breve, mientras que un cambio genético depende de procesos hereditarios que se desarrollan a lo largo de las generaciones [60, 88].

La transmisión cultural no constituye un mecanismo único. Una persona puede aprender observando la conducta de otra, reproduciendo una acción que ha visto realizar o identificando las consecuencias de una práctica. También puede recibir instrucciones explícitas, escuchar un relato, interpretar una imagen o consultar un registro escrito. Cada modalidad requiere condiciones diferentes y ofrece posibilidades particulares. La imitación puede facilitar la adquisición de habilidades prácticas; la enseñanza permite orientar el aprendizaje de forma deliberada; y el lenguaje hace posible comunicar procedimientos, explicaciones y experiencias que no siempre pueden reproducirse mediante una demostración directa [74, 87].

La observación y la imitación desempeñan una función importante porque permiten aprender sin tener que descubrir individualmente cada conducta. Un individuo puede reconocer cómo se utiliza una herramienta, cómo se obtiene un recurso o cómo se responde ante una situación observando a otros. Sin embargo, imitar no significa reproducir siempre una conducta de manera exacta. La persona que aprende puede modificar lo observado, adaptarlo a sus capacidades o combinarlo con experiencias anteriores. La transmisión cultural incluye, por tanto, tanto la conservación de comportamientos como la posibilidad de que estos cambien durante el aprendizaje [80, 87].

La enseñanza añade otra dimensión al proceso. Quien enseña puede seleccionar la información que considera relevante, organizarla y adaptarla a las capacidades de quien aprende. Esta transmisión no depende exclusivamente de la comunicación verbal: también puede producirse mediante demostraciones, prácticas guiadas, correcciones y participación conjunta en una actividad. En las sociedades humanas, la enseñanza formal e informal permite adquirir conocimientos que requieren largos periodos de aprendizaje y que difícilmente podrían transmitirse con la misma eficacia mediante la observación espontánea [74, 80].

La comunicación lingüística amplía todavía más las posibilidades de transmisión. Mediante el lenguaje pueden compartirse experiencias ausentes, describirse procedimientos complejos y formularse explicaciones sobre acontecimientos que otras personas no han presenciado. También permite discutir una práctica, señalar sus limitaciones y proponer alternativas. De esta manera, la información cultural puede circular más allá de las relaciones inmediatas entre quienes la producen y quienes la reciben, especialmente cuando se conserva mediante relatos, documentos y otros sistemas de registro [77, 88].

No obstante, la difusión de una práctica no depende únicamente de su eficacia objetiva. Las personas pueden adoptar una conducta porque confían en quien la transmite, porque la mayoría de su grupo la utiliza o porque está vinculada a una tradición importante para su identidad. La reputación, la autoridad, la pertenencia social y las expectativas colectivas pueden influir en qué información se acepta y qué comportamientos se reproducen. Estos factores ayudan a explicar por qué algunas prácticas se difunden ampliamente, mientras que otras, incluso cuando resultan útiles, permanecen limitadas o desaparecen [87, 88].

La transmisión cultural también implica selección. Ningún individuo incorpora todo lo que observa o escucha, y ninguna comunidad conserva de forma indefinida todas las prácticas que recibe. Algunas conductas se repiten porque parecen eficaces; otras se mantienen por costumbre, por su valor simbólico o por la autoridad de quienes las promueven. Determinadas innovaciones se combinan con conocimientos anteriores, mientras que otras se abandonan. La cultura evoluciona mediante una interacción continua entre conservación, modificación, difusión y pérdida, sin que todos estos procesos conduzcan necesariamente a una mejora [60, 88].

Esta dinámica permite distinguir entre la transmisión de una información y la comprobación de su validez. Una afirmación puede difundirse porque resulta fácil de recordar, porque despierta emociones o porque encaja con las creencias existentes, aunque no esté bien fundamentada. Del mismo modo, una técnica puede conservarse durante generaciones sin que quienes la practican conozcan plenamente las razones de su eficacia. La permanencia de una práctica demuestra que ha encontrado mecanismos de reproducción cultural, pero no constituye por sí misma una prueba de que todas sus explicaciones sean correctas [60, 88].

Desde la perspectiva de la coevolución gen-cultura, estos mecanismos permiten comprender cómo las innovaciones pueden modificar la vida de una población sin requerir cambios genéticos inmediatos. Una nueva técnica de obtención de alimentos, una forma de organizar el trabajo o una práctica relacionada con el entorno puede difundirse mediante el aprendizaje social. Si esa práctica modifica de forma persistente las condiciones de vida, también puede alterar las presiones ambientales y sociales que influyen en la evolución biológica. La consecuencia genética, cuando existe, depende de procesos adicionales y no se deriva automáticamente de la difusión cultural [84, 85].

En el marco del motor epistemológico, la transmisión cultural ofrece una vía para que las preguntas y las respuestas superen los límites de la experiencia individual. Una observación puede comunicarse, una explicación puede ser

discutida y una solución puede aplicarse en circunstancias distintas de aquellas en las que surgió. Sin embargo, cada transmisión introduce también la posibilidad de reinterpretación. Lo que una generación recibe no tiene por qué coincidir exactamente con lo que la anterior quiso comunicar, y una idea puede adquirir funciones nuevas al incorporarse a otro contexto cultural [60, 74].

La cultura no es, por tanto, un depósito estático de información que pasa intacto de una mente a otra. Es un proceso dinámico en el que los individuos aprenden, seleccionan, reinterpretan y transmiten contenidos dentro de condiciones sociales concretas. Su capacidad para conservar experiencias permite que el conocimiento trascienda la vida de quienes lo producen; su capacidad para modificarlas hace posible que las generaciones posteriores introduzcan variaciones y desarrollen nuevas prácticas [60, 88].

Para comprender el alcance de este proceso debemos examinar una de sus dimensiones más importantes en la historia humana: el papel del lenguaje en la comunicación de significados complejos, la coordinación social y la ampliación de las posibilidades de aprendizaje. Ese será el objeto del siguiente apartado [89, 90].

15.3. EL LENGUAJE Y LA EXPANSIÓN DE LAS CAPACIDADES HUMANAS

El lenguaje constituye uno de los principales recursos mediante los cuales la especie humana ha ampliado sus posibilidades de aprendizaje, cooperación y transmisión cultural. Aunque la comunicación existe en numerosas especies animales y puede adoptar formas complejas, el lenguaje humano destaca por su capacidad para combinar símbolos, expresar relaciones abstractas y comunicar acontecimientos que no están presentes en el entorno inmediato. Esta capacidad permite que la experiencia individual pueda convertirse en información compartida y que el conocimiento acumulado por una generación no desaparezca necesariamente con ella [89, 90, 95].

La evolución del lenguaje no debe entenderse como un acontecimiento aislado ni como una invención repentina. Su desarrollo está relacionado con la evolución biológica, las capacidades cognitivas, la interacción social y las condiciones culturales en las que se desenvolvieron nuestros antepasados. La investigación sobre sus orígenes continúa abierta: no existe una reconstrucción definitiva que permita establecer con precisión cuándo apareció el lenguaje humano moderno ni cuál fue la secuencia exacta de transformaciones que lo hizo posible. Resulta más prudente considerarlo el resultado de un proceso evolutivo complejo, en el que pudieron intervenir

capacidades previas de comunicación, aprendizaje, memoria, coordinación social y representación simbólica [89, 90].
El lenguaje amplía la transmisión cultural porque permite compartir no solo conductas observables, sino también instrucciones, explicaciones, advertencias y experiencias que otras personas no han vivido directamente. Una técnica puede aprenderse mediante la imitación, pero también describirse, corregirse y enseñarse mediante palabras. Del mismo modo, un peligro puede comunicarse antes de que el receptor lo encuentre, y una experiencia pasada puede utilizarse para orientar decisiones futuras. La información deja así de depender exclusivamente de la observación directa y adquiere una mayor capacidad para circular entre individuos, grupos y generaciones [89].

Esta expansión tiene consecuencias para la memoria colectiva y para la organización social. Las palabras permiten identificar objetos, establecer categorías, conservar relatos y transmitir normas compartidas. Más adelante, los sistemas de escritura y otros soportes externos ampliaron estas posibilidades al conservar información más allá de los límites de la memoria individual. Sin embargo, conviene distinguir entre la capacidad de almacenar información y la capacidad de comprenderla: una sociedad puede acumular relatos, normas y explicaciones sin que todos ellos sean verdaderos, útiles o compatibles entre sí. El lenguaje facilita el conocimiento, pero también permite perpetuar errores, prejuicios y creencias no verificadas [94, 95].

Desde la perspectiva de este ensayo, el lenguaje puede interpretarse como una ampliación de las condiciones que hacen posible el motor epistemológico. Cuando una experiencia puede expresarse mediante símbolos, la incertidumbre de un individuo puede convertirse en una pregunta compartida; cuando una pregunta se comunica, otras personas pueden aportar respuestas, objeciones o nuevas interrogantes. El pensamiento deja entonces de desarrollarse únicamente en el ámbito de la experiencia personal y entra en un espacio colectivo donde las explicaciones pueden conservarse, compararse y modificarse. Esta interpretación no demuestra que el lenguaje surgiera para satisfacer una necesidad consciente de explicar el mundo, sino que señala una de las funciones que pudo adquirir y desarrollar en sociedades humanas cada vez más complejas [89, 95].

El lenguaje, por tanto, no elimina la incertidumbre: transforma la manera de afrontarla. Permite formular problemas que exceden la experiencia inmediata, imaginar situaciones posibles y construir explicaciones compartidas, pero también puede reforzar respuestas heredadas sin someterlas a examen. La capacidad de preguntar y la capacidad de aceptar una respuesta no son equivalentes a la capacidad de comprobarla. Esta diferencia será importante para comprender cómo la transmisión cultural puede favorecer tanto la acumulación del conocimiento como la persistencia de interpretaciones equivocadas [94, 95].

La expansión de las capacidades humanas no depende únicamente del lenguaje, ni puede reducirse a él. Intervienen también la memoria, el aprendizaje, la cooperación, las habilidades técnicas y las condiciones materiales de cada sociedad. No obstante, el lenguaje ofrece un medio especialmente potente para relacionar estas capacidades y hacer que la experiencia de unos individuos influya en la conducta de otros. A partir de esta posibilidad, la cultura puede acumular soluciones, transmitir procedimientos y modificar las condiciones en las que las generaciones posteriores aprenden y actúan [89, 84]. El siguiente paso será examinar cómo esa acumulación de conocimientos y prácticas puede extenderse entre generaciones y participar, a su vez, en la transformación de las condiciones de la evolución biológica.

15.4. LA ACUMULACIÓN DEL CONOCIMIENTO ENTRE GENERACIONES

Una de las capacidades más significativas de la cultura humana es la posibilidad de conservar aprendizajes más allá de la vida de quienes los adquirieron. Cada generación recibe un conjunto de conocimientos, técnicas, relatos, normas y formas de interpretar el mundo que no necesita reconstruir desde cero. Esta continuidad permite que las experiencias individuales se incorporen a un patrimonio compartido y que las generaciones posteriores puedan utilizarlo, modificarlo o rechazarlo. El conocimiento humano no depende únicamente de lo que cada individuo llega a descubrir, sino también de aquello que otros consiguieron observar, elaborar y transmitir antes de su nacimiento [60, 88].

Esta acumulación no se produce de manera automática. Para que una experiencia se convierta en un recurso disponible para otros, debe conservarse mediante algún soporte y transmitirse a través de mecanismos sociales: la imitación, la enseñanza, el lenguaje, la práctica compartida, la narración o, en sociedades posteriores, la escritura y otros sistemas de almacenamiento. Además, la información transmitida debe poder interpretarse y adaptarse a circunstancias que quizá sean diferentes de aquellas en las que se originó. Una técnica útil en un contexto puede resultar inadecuada en otro; una explicación aceptada durante siglos puede ser revisada cuando aparecen nuevas observaciones o mejores métodos de comprobación [60, 88].

La acumulación cultural puede generar un efecto que supera las capacidades de cualquier individuo aislado. Una persona puede perfeccionar una herramienta sin conocer todos los descubrimientos que hicieron posible su fabricación; un investigador puede desarrollar una hipótesis apoyándose en métodos, datos e instrumentos elaborados por muchas generaciones

anteriores. En estos casos, el resultado depende de una historia colectiva de aportaciones, correcciones y aprendizajes. La cultura permite que ciertas capacidades se construyan sobre adquisiciones previas, aunque no todas las sociedades ni todos los ámbitos del conocimiento acumulen información con la misma continuidad o eficacia [60, 88].

Conviene distinguir, sin embargo, entre acumulación de información y acumulación de conocimiento fiable. Una sociedad puede conservar numerosos datos y mantener durante mucho tiempo explicaciones equivocadas. También puede perder conocimientos por conflictos, desplazamientos, destrucción de documentos, desaparición de comunidades o interrupción de las prácticas que permitían transmitirlos. La cultura no constituye un archivo perfecto: selecciona lo que recuerda, transforma aquello que transmite y olvida parte de su propio pasado. Por eso, la continuidad cultural puede favorecer el aprendizaje, pero también prolongar errores y dificultar la revisión de creencias arraigadas [60, 88].

La acumulación del conocimiento adquiere una capacidad especial cuando existen procedimientos para contrastar las afirmaciones, comparar resultados y corregir interpretaciones. La observación sistemática, la discusión crítica, la documentación de los métodos y la posibilidad de reproducir determinados resultados permiten diferenciar, con distintos grados de seguridad, las explicaciones respaldadas por evidencias de aquellas que dependen principalmente de la tradición o de la autoridad. Estos mecanismos no eliminan el error ni garantizan un avance constante, pero proporcionan herramientas para reconocer limitaciones y revisar conclusiones. El conocimiento científico constituye un ejemplo particularmente desarrollado de esta forma organizada de corrección colectiva, sin ser el único ámbito en el que las sociedades aprenden de la experiencia acumulada [91].

Desde la perspectiva de este ensayo, la transmisión entre generaciones amplía el espacio en el que puede desarrollarse el motor epistemológico. Una pregunta ya no necesita desaparecer con la persona que la formuló: puede conservarse, recibir nuevas respuestas y originar interrogantes que su autor nunca llegó a plantearse. Del mismo modo, una explicación puede ser heredada por individuos que no vivieron las circunstancias en las que surgió. Esta distancia entre el origen de una idea y quienes posteriormente la reciben hace posible tanto su desarrollo como su aceptación acrítica. La herencia cultural, por sí sola, no determina cuál de estas posibilidades prevalecerá [60, 88].

La acumulación cultural también modifica las condiciones en las que se desarrollan las generaciones posteriores. Los conocimientos heredados pueden facilitar nuevas técnicas, transformar los entornos de vida y alterar las

formas de cooperación, alimentación, organización social y relación con el medio. Estas transformaciones pueden influir en las presiones selectivas que afectan a las poblaciones humanas, aunque sus consecuencias dependen de múltiples factores y no deben interpretarse como una dirección predeterminada de la evolución [84, 85]. La cultura y la biología interactúan, pero no son procesos idénticos ni obedecen a los mismos mecanismos.

La historia humana puede entenderse, por tanto, como una interacción continua entre capacidades biológicas, experiencias individuales y recursos culturales heredados. Cada generación comienza su recorrido desde unas condiciones que no ha elegido por completo, pero puede ampliarlas mediante el aprendizaje y la creación de nuevas respuestas. Esta continuidad no asegura que cada generación sea más sabia que la anterior; significa que dispone de la posibilidad de trabajar sobre un legado previo. En esa posibilidad reside una parte esencial de la expansión histórica del conocimiento y también una responsabilidad: conservar no solo las respuestas, sino los medios para examinarlas, corregirlas y, cuando sea necesario, abandonarlas [60, 91].

15.5. LA CULTURA COMO MODIFICADORA DE LAS CONDICIONES EVOLUTIVAS

La cultura humana no se limita a transmitir conocimientos y formas de conducta: también puede transformar las condiciones materiales en las que viven los organismos. Las técnicas para obtener alimentos, fabricar herramientas, construir refugios, organizar asentamientos o modificar el entorno alteran la relación entre las poblaciones y su medio. Estas transformaciones pueden influir en las condiciones de supervivencia y reproducción y, por tanto, modificar algunas de las presiones selectivas que intervienen en la evolución biológica [85, 92].

Esta relación no significa que la cultura sustituya a la biología, sino que ambas pueden interactuar. Los organismos modifican su entorno mediante sus actividades y, a su vez, ese entorno transformado influye en las condiciones en las que viven las generaciones siguientes. En biología evolutiva, algunos de estos procesos se estudian mediante el concepto de construcción de nicho, que analiza cómo los organismos alteran aspectos de su entorno y cómo esas modificaciones pueden repercutir en su propia evolución y en la de otras especies. La construcción de nicho no es exclusiva de los seres humanos, aunque la capacidad tecnológica y cultural humana ha ampliado considerablemente su alcance [85, 92].

Un ejemplo conocido de interacción entre cultura y evolución biológica es la relación histórica entre la ganadería lechera y la persistencia de la actividad de la lactasa durante la edad adulta en determinadas poblaciones. La

domesticación de animales y el consumo habitual de leche generaron condiciones en las que la capacidad de digerir la lactosa después de la infancia pudo ofrecer ventajas en ciertos contextos. Las variantes genéticas asociadas a esta capacidad aumentaron en algunas poblaciones, aunque el proceso no fue idéntico en todas ellas. Este caso muestra que una práctica cultural puede contribuir a modificar las condiciones selectivas que afectan a una característica biológica, sin que exista una intención evolutiva ni un resultado universal [85, 86].

La agricultura y el sedentarismo ofrecen otro ámbito de análisis. La transformación de los sistemas de alimentación, el crecimiento de los asentamientos y el aumento de la densidad de población modificaron las relaciones entre los seres humanos, los animales y los microorganismos. En determinados contextos, estas nuevas condiciones favorecieron la circulación de agentes infecciosos y alteraron los riesgos sanitarios. También cambiaron los patrones de trabajo, la organización social y la dependencia de recursos específicos. Sin embargo, las consecuencias variaron según las regiones, las prácticas y los periodos históricos; no es adecuado interpretar la adopción de la agricultura como una mejora uniforme de todas las condiciones de vida [93].

La influencia cultural sobre la evolución tampoco implica que cada innovación produzca necesariamente un cambio genético. Muchas transformaciones afectan principalmente a la conducta, a las instituciones o a las condiciones de vida y pueden mantenerse mediante el aprendizaje social. Otras modifican el entorno de manera que determinadas variantes biológicas adquieren ventajas o desventajas relativas [85, 92]. Para que se produzca un cambio evolutivo genético deben intervenir mecanismos biológicos concretos, como la selección natural, la deriva genética o el flujo génico. La cultura puede alterar el contexto en el que actúan estos mecanismos, pero no los reemplaza [85, 92].

Además, las transformaciones culturales pueden generar consecuencias imprevistas. Una tecnología que facilita la obtención de recursos puede aumentar la dependencia de ellos; una forma de organización que beneficia a un grupo puede imponer costes a otros; una modificación ambiental puede crear oportunidades y riesgos simultáneos. Por ello, no debe suponerse que las prácticas culturales persisten necesariamente porque sean las más beneficiosas, ni que las innovaciones conduzcan siempre a una adaptación superior. La difusión cultural depende también de factores históricos, económicos, políticos y simbólicos que no se reducen a la selección biológica [85, 88, 92].

Desde la perspectiva de este ensayo, esta interacción permite comprender que la inteligencia humana no se desarrolla en un vacío ambiental. Las

capacidades cognitivas intervienen en la creación de herramientas, prácticas y formas de organización que transforman las condiciones de vida; estas condiciones, a su vez, influyen en las experiencias, necesidades y oportunidades de aprendizaje de las generaciones posteriores. Se establece así una relación de retroalimentación entre organismo, entorno y cultura. Esta interpretación no supone que la evolución humana persiga la inteligencia como objetivo, sino que las capacidades cognitivas participan en procesos históricos cuyos resultados dependen de múltiples factores [84, 85, 92].

La cultura puede modificar las condiciones de la evolución porque amplía la capacidad de los organismos para intervenir en su entorno y transmitir los resultados de esa intervención. Sin embargo, transformar el medio no equivale siempre a adaptarse mejor a él, y disponer de más información no garantiza utilizarla con acierto. La historia humana muestra tanto la capacidad de construir soluciones como la de generar problemas nuevos. La evolución biológica y la cultural continúan interactuando, pero ninguna de ellas constituye una marcha inevitable hacia una forma superior de existencia [84, 85, 92].

Con este apartado se completa el recorrido del capítulo: la evolución biológica proporciona capacidades que hacen posible el aprendizaje social; la cultura permite conservar y transmitir prácticas y conocimientos; y esa transmisión puede transformar los entornos en los que viven las generaciones posteriores. La relación no es lineal, sino recíproca y cambiante. A partir de esta base, el siguiente apartado sintetizará las continuidades y diferencias entre la evolución biológica y la cultural, así como su contribución conjunta a la historia de la inteligencia humana [84, 85, 88].

15.6. LA INTELIGENCIA HUMANA COMO PROCESO BIOLÓGICO Y CULTURAL

La inteligencia humana no puede comprenderse plenamente si se considera únicamente como una propiedad del cerebro individual o como un producto exclusivo de la cultura. Sus capacidades se apoyan en una historia biológica que hizo posibles determinadas formas de percepción, memoria, aprendizaje, comunicación y adaptación, pero su desarrollo también depende de la interacción con otros individuos y de los conocimientos, herramientas y sistemas simbólicos construidos a lo largo de generaciones. La inteligencia humana es, desde esta perspectiva, el resultado de una interacción continua entre las capacidades del organismo y el entorno biológico, social y cultural en el que se desarrolla [84, 85].

La evolución biológica proporcionó las condiciones para que surgieran y se diversificaran las capacidades cognitivas. La organización del sistema nervioso, la plasticidad cerebral, la memoria y el aprendizaje permitieron

respuestas cada vez más flexibles ante las circunstancias ambientales. No obstante, estas capacidades no aparecieron de una sola vez ni evolucionaron necesariamente siguiendo una secuencia lineal hacia la inteligencia humana. La diversidad de organismos y de estrategias adaptativas muestra que la evolución genera soluciones diferentes según las condiciones de cada entorno. La inteligencia humana constituye una de esas posibilidades históricas, no el objetivo predeterminado de la evolución de la vida [85].

Sobre esa base biológica se desarrollaron formas de aprendizaje social y transmisión cultural que ampliaron las posibilidades de cada individuo. El lenguaje, la enseñanza, la cooperación y la conservación de experiencias permitieron que una persona pudiera beneficiarse de conocimientos que nunca habría adquirido por sí sola. La fabricación de herramientas, la organización de actividades colectivas y la transmisión de procedimientos hicieron posible acumular recursos cognitivos que exceden la experiencia individual. Así, las capacidades humanas se desarrollan dentro de una historia compartida: cada individuo aprende a partir de sus propias experiencias, pero también de las soluciones, errores y explicaciones heredados de otros [60, 88].

Esta relación entre biología y cultura es recíproca. Las capacidades biológicas hacen posible el aprendizaje cultural, mientras que los entornos culturales modifican las experiencias, los hábitos y las condiciones en las que se desarrollan las capacidades cognitivas. La cultura puede transformar la alimentación, el trabajo, la cooperación y la organización social, y estas transformaciones pueden alterar tanto las oportunidades de aprendizaje como algunas de las presiones selectivas que afectan a las poblaciones. La coevolución gen-cultura constituye un marco científico para estudiar determinadas interacciones de este tipo, aunque no explica por sí sola toda la complejidad de la inteligencia humana [84, 85].

Desde la perspectiva de este ensayo, la relación entre biología y cultura permite situar el motor epistemológico dentro de una trayectoria más amplia. La capacidad de registrar experiencias, reconocer regularidades, anticipar consecuencias y comunicar incertidumbres proporciona condiciones para que las preguntas no queden limitadas al individuo que las formula. Una interrogante puede transmitirse, recibir respuestas provisionales y transformarse en una nueva cuestión. El conocimiento acumulado permite, además, plantear problemas que no podrían surgir únicamente de la experiencia inmediata. Esta interpretación propone una conexión entre la evolución de las capacidades cognitivas y la expansión cultural de la pregunta, sin afirmar que la evolución biológica tuviera como finalidad producirla [60, 88].

La cultura, sin embargo, no es sinónimo de conocimiento verdadero, del mismo modo que una mayor capacidad cognitiva no garantiza un juicio

acertado. Los seres humanos pueden aprender, razonar y cooperar, pero también pueden mantener prejuicios, aceptar explicaciones infundadas o utilizar sus conocimientos para perjudicar a otros. Las creencias heredadas, la autoridad, el miedo y la pertenencia a un grupo pueden influir en la interpretación de la realidad. Por eso, la expansión de la inteligencia requiere distinguir entre disponer de información, construir explicaciones y someter esas explicaciones a examen. La capacidad de revisar las propias ideas constituye una condición importante para corregir errores, aunque nunca elimine por completo sus posibilidades [91].

También es necesario evitar una identificación automática entre inteligencia y progreso moral. Las capacidades técnicas y organizativas pueden aumentar sin que lo hagan en la misma medida la prudencia, la responsabilidad o la comprensión de las consecuencias. Una sociedad puede acumular conocimientos extraordinarios y, al mismo tiempo, emplearlos de manera destructiva. La inteligencia no determina por sí sola los fines hacia los que se orienta; su ejercicio depende también de las decisiones individuales, las estructuras sociales y los valores que una comunidad acepta o cuestiona.

La trayectoria examinada en este libro permite formular una hipótesis general: las capacidades cognitivas humanas se comprenden mejor como parte de un proceso en el que la organización biológica, el aprendizaje, la conciencia, la formulación de preguntas y la transmisión cultural se influyen mutuamente. Esta propuesta no constituye una explicación científica cerrada del origen de la inteligencia ni pretende resolver las cuestiones que siguen abiertas en biología evolutiva, neurociencia, antropología o estudios de la conciencia. Su propósito es ofrecer un marco de reflexión que conecte esos ámbitos y señale posibles relaciones entre ellos, manteniendo la diferencia entre los conocimientos respaldados por la investigación y las interpretaciones que todavía requieren contraste [84, 85, 88].

La inteligencia humana no comienza de nuevo con cada nacimiento ni termina en los límites de una mente individual. Cada persona hereda unas capacidades biológicas, se desarrolla en un entorno social concreto y recibe una parte del patrimonio cultural de su época. A partir de esas condiciones puede reproducir lo aprendido, modificarlo o producir nuevas ideas que otras personas incorporarán, discutirán o descartarán. Esta continuidad no garantiza un avance constante, pero hace posible que la experiencia se prolongue más allá de una vida y participe en la transformación de las generaciones siguientes [60, 88].

Con este último apartado se cierra el recorrido del capítulo XV y, con él, el desarrollo principal del ensayo: desde las condiciones biológicas que hicieron posibles determinadas capacidades hasta la expansión cultural del aprendizaje y del conocimiento. La historia aquí propuesta no debe leerse

como una secuencia inevitable ni como una demostración definitiva, sino como una hipótesis interpretativa sobre la interacción entre organismo, conciencia, pregunta y cultura. La conclusión general deberá recoger esta perspectiva, delimitar sus alcances y reconocer sus límites: comprender cómo hemos llegado a formular preguntas sobre el mundo no significa que ya dispongamos de todas las respuestas, sino que hemos construido herramientas para seguir buscándolas.

Referencias al décimo quinto capítulo:

[60] Mesoudi, A. y Thornton, A. (2018). "What is cumulative cultural evolution?". Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1880), 20180712. https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0712. Este trabajo permite fundamentar la evolución cultural acumulativa y la transmisión de información entre individuos y generaciones. Es especialmente pertinente para los párrafos 2–5 y 8.

[74] Legare, C. H. (2019). "The Development of Cumulative Cultural Learning". Annual Review of Developmental Psychology, 1, 119–147. https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-121318-084848.

[77] Evans, J. H. y Evans, M. S. (2008). "Religion and Science: Beyond the Epistemological Conflict Narrative". Annual Review of Sociology, 34, 87–105. https://doi.org/10.1146/annurev.soc.34.040507.134702.

[80] Whiten, A. (2017). "Social learning and culture in child and chimpanzee". Annual Review of Psychology, 68, 129–154. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044108.

[84] Richerson, P. J., Boyd, R. y Henrich, J. (2010). "Gene-Culture Coevolution in the Age of Genomics". Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(Suppl. 2), 8985–8992. https://doi.org/10.1073/pnas.0914631107.

[85] Laland, K. N., Odling-Smee, J. y Myles, S. (2010). "How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together". Nature Reviews Genetics, 11, 137–148. https://doi.org/10.1038/nrg2734.

[86] Tishkoff, S. A. et al. (2007). "Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe". Nature Genetics, 39, 31–40. https://doi.org/10.1038/ng1946

[87] Laland, K. N. (2004). "Social learning strategies". Learning & Behavior, 32(1), 4–14. https://doi.org/10.3758/BF03196002.

[88] Creanza, N., Kolodny, O. y Feldman, M. W. (2017). "Cultural evolutionary theory: How culture evolves and why it matters". Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), 7782–7789. https://doi.org/10.1073/pnas.1620732114

[89] Tamariz, M. y Kirby, S. (2016). "The Cultural Evolution of Language". Current Opinion in Psychology, 8, 37–43. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.09.003.

[90] Hauser, M. D., Yang, C., Berwick, R. C., Tattersall, I., Ryan, M. J., Watumull, J., Chomsky, N. y Lewontin, R. C. (2014). "The mystery of language evolution". Frontiers in Psychology, 5, artículo 401. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00401

[91] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Reproducibility and Replicability in Science. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25303

[92] Odling-Smee, F. J., Laland, K. N. y Feldman, M. W. (2003). Niche Construction: The Neglected Process in Evolution. Princeton, NJ: Princeton University Press.

[93] Larsen, C. S. (2018). "The Bioarchaeology of Health Crisis: Infectious Disease in the Past". Annual Review of Anthropology, 47, 295–313. https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-102116-041441

[94] Gelman, S. A. y Roberts, S. O. (2017). "How language shapes the cultural inheritance of categories". Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), 7900–7907. https://doi.org/10.1073/pnas.1621073114

[95] Fedorenko, E., Piantadosi, S. T. y Gibson, E. A. F. (2024). "Language is primarily a tool for communication rather than thought". Nature, 630, 575–586. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07522-w

CONCLUSIÓN

La Trama Simbiótica del Devenir Humano

El ser humano es el resultado de una historia mucho más extensa que su propia existencia. Antes de que aparecieran los primeros organismos, la materia ya se organizaba, interactuaba y se transformaba bajo las condiciones físicas y químicas del universo. Mucho después, la vida desarrolló mecanismos capaces de mantener su organización, responder a las variaciones del entorno y conservar información sobre determinadas condiciones. A lo largo de la evolución surgieron formas cada vez más diversas de percepción, aprendizaje y conducta, hasta que algunas líneas evolutivas desarrollaron capacidades cognitivas de una complejidad extraordinaria. La aparición de la inteligencia humana pertenece a esta historia, aunque todavía no dispongamos de una explicación completa de todos los procesos que la hicieron posible.

El recorrido de este ensayo ha partido de una idea fundamental: la vida no puede entenderse únicamente como una estructura material, sino también como una organización que debe mantener continuamente las condiciones de su propia continuidad. Esta perspectiva permite examinar cómo los sistemas vivos regulan sus procesos, responden a las alteraciones del entorno y conservan determinadas consecuencias de sus interacciones anteriores. En este contexto, conceptos como la prememoria y el preinstinto se han propuesto como herramientas interpretativas para explorar posibles continuidades entre las respuestas biológicas elementales y las capacidades cognitivas posteriores. No son categorías científicas consolidadas ni demuestran por sí mismas una secuencia evolutiva universal, pero ayudan a formular preguntas acerca de cómo pudieron desarrollarse algunas de las condiciones necesarias para formas más complejas de aprendizaje y conducta.

La evolución no constituye una escalera cuyo destino sea el ser humano. No existe fundamento para afirmar que la materia se organizara con el propósito de producir vida, que la vida evolucionara con el objetivo de generar conciencia o que la conciencia apareciera para culminar en la inteligencia humana. La evolución biológica carece de una finalidad predeterminada y sus resultados dependen de procesos históricos, variaciones y condiciones ambientales múltiples. Reconocer esta ausencia de dirección no resta interés a nuestra existencia; al contrario, obliga a contemplarla sin atribuir al universo

intenciones que no hemos demostrado. Somos una posibilidad surgida de una historia natural inmensa, no la medida necesaria de todo lo que esa historia puede producir.
La conciencia representa uno de los problemas más difíciles de esa trayectoria. Podemos estudiar la actividad cerebral, describir procesos de percepción y memoria, identificar mecanismos de aprendizaje y formular teorías acerca de cómo se integra la información. Sin embargo, explicar las funciones cognitivas no equivale automáticamente a resolver por qué determinados procesos se acompañan de una experiencia subjetiva. La investigación continúa abierta y sería prematuro presentar una hipótesis única como solución definitiva. En este libro, la transición desde la respuesta biológica hacia la conciencia y la capacidad de interrogarse se ha planteado como un problema que merece ser examinado, no como una frontera evolutiva cuya explicación haya quedado cerrada.

Dentro de ese problema adquiere especial importancia la posibilidad de detener una respuesta inmediata, comparar alternativas y reconocer que una situación no se comprende por completo. La duda puede abrir una distancia entre lo que sucede y lo que el organismo o la persona consigue explicar. En el ámbito humano, esa distancia puede convertirse en una pregunta explícita: ¿qué está ocurriendo?, ¿por qué sucede?, ¿qué consecuencias tendrá?, ¿cómo podemos saberlo? La capacidad de formular interrogantes no explica por sí sola el origen de la conciencia, pero constituye un punto de partida decisivo para estudiar cómo la incertidumbre puede transformarse en búsqueda deliberada de conocimiento.

Aquí se sitúa el motor epistemológico que da continuidad a las distintas partes del ensayo. La conciencia de una limitación puede estimular la búsqueda de explicaciones; el miedo y la necesidad de seguridad pueden influir en esa búsqueda, especialmente cuando lo desconocido se percibe como una amenaza. Las comunidades humanas han construido relatos, mitos, símbolos y sistemas de creencias que permiten interpretar la experiencia y compartir respuestas. Esta relación entre incertidumbre, temor y explicación constituye una hipótesis interpretativa de la obra, no una explicación universal y demostrada del origen de las religiones, los dioses o la cultura. Las sociedades humanas son diversas, y sus creencias y prácticas han surgido en circunstancias históricas que no pueden reducirse a una única causa psicológica.

La cultura amplió enormemente las posibilidades de este proceso. Mediante el lenguaje, la enseñanza, la cooperación y la conservación de experiencias, los individuos pudieron beneficiarse de aprendizajes que excedían sus propias vidas. Las preguntas dejaron de pertenecer únicamente a quienes las formulaban: pudieron transmitirse, discutirse y transformarse entre

generaciones. La acumulación cultural hizo posible construir herramientas, métodos y explicaciones cada vez más elaborados, aunque también permitió conservar errores, prejuicios y respuestas que no siempre resistían el examen. La transmisión de una idea demuestra que ha encontrado una vía de continuidad, no que sea verdadera.

La relación entre biología y cultura no debe entenderse como una separación entre dos mundos independientes. Las capacidades biológicas hacen posible el aprendizaje social y la transmisión cultural, mientras que las prácticas culturales modifican los entornos, las experiencias y las condiciones en las que se desarrollan las generaciones posteriores. En determinadas circunstancias, estas transformaciones también pueden alterar las presiones selectivas que afectan a las poblaciones. La coevolución entre genes y cultura muestra que ambos procesos pueden influirse mutuamente, aunque sus mecanismos sean diferentes. La inteligencia humana, por tanto, no puede reducirse exclusivamente a la herencia genética ni explicarse únicamente mediante la cultura: debe estudiarse dentro de una trama de relaciones biológicas, cognitivas, sociales e históricas.

La expresión trama simbiótica del título alude precisamente a esta interdependencia. No pretende afirmar que todos los elementos implicados mantengan una simbiosis en el sentido biológico estricto, sino señalar que la trayectoria humana se ha construido mediante relaciones recíprocas entre organismo, entorno, experiencia, lenguaje y cultura. Cada individuo recibe unas capacidades y un legado que no ha creado por sí solo; a partir de ellos puede reproducir lo aprendido, cuestionarlo o generar nuevas interpretaciones. Lo que una generación consigue conservar puede convertirse en el punto de partida de la siguiente, sin que ello garantice un avance continuo ni una comprensión cada vez más acertada del mundo.

Esta continuidad también obliga a distinguir entre inteligencia y sabiduría. La capacidad de resolver problemas, anticipar consecuencias o desarrollar tecnologías no garantiza que las decisiones adoptadas sean prudentes ni beneficiosas. El conocimiento puede utilizarse para comprender y cuidar, pero también para dominar, excluir o destruir. La expansión de nuestras capacidades no elimina la responsabilidad sobre sus consecuencias. Si la inteligencia humana ha surgido dentro de una historia de adaptación, cooperación y transmisión cultural, su ejercicio actual exige considerar no solo lo que somos capaces de hacer, sino también aquello que decidimos hacer con nuestras capacidades.

El propósito de este ensayo no ha sido ofrecer una respuesta definitiva al origen de la vida, la conciencia o la inteligencia. Ha sido proponer un marco de reflexión que conecte problemas que con frecuencia se estudian desde

disciplinas diferentes y que permita explorar posibles continuidades entre la organización biológica, el aprendizaje, la experiencia subjetiva, la pregunta y la acumulación cultural. Algunas de las ideas expuestas se apoyan en conocimientos científicos establecidos; otras constituyen interpretaciones o hipótesis que deberán contrastarse, delimitarse o modificarse a medida que avance la investigación. Mantener esta diferencia no debilita la propuesta: establece las condiciones para que pueda examinarse con rigor.

Quizá una de las características más significativas de la inteligencia humana sea su capacidad para volver la pregunta sobre sí misma. No solo interrogamos el universo, la vida o la conciencia; también nos preguntamos cómo hemos llegado a formular esas interrogantes y cuáles son los límites de nuestros propios instrumentos de conocimiento. Esa reflexión no nos sitúa fuera de la naturaleza ni nos concede una posición privilegiada en el conjunto del universo. Nos permite, sencillamente, reconocer que somos organismos capaces de estudiar algunos de los procesos de los que formamos parte, aun cuando nuestra comprensión siga siendo parcial.

La historia que hemos recorrido no termina con una respuesta definitiva. Continúa en cada investigación, en cada observación que obliga a revisar una explicación y en cada pregunta que revela los límites de lo que creíamos saber. La inteligencia no consiste únicamente en acumular respuestas, sino también en reconocer cuándo una respuesta resulta insuficiente, qué evidencias podrían ponerla a prueba y qué debemos cambiar cuando los resultados contradicen nuestras expectativas.

Tal vez el mayor logro de la inteligencia no sea haber eliminado el misterio de nuestra existencia, sino haber desarrollado la capacidad de enfrentarse a él sin convertir necesariamente la incertidumbre en una certeza imaginada. Entre la materia que se organiza, la vida que conserva sus condiciones de continuidad, el organismo que aprende y el ser humano que pregunta se extiende una historia de transformaciones cuyo significado seguimos intentando comprender. No conocemos todavía todos sus mecanismos ni podemos asegurar cuáles serán sus posibilidades futuras. Pero podemos estudiar sus huellas, contrastar nuestras explicaciones y transmitir a quienes vengan después no solo lo que hemos aprendido, sino también aquello que aún ignoramos.

Porque comprender nuestra historia no significa descubrir que todo conducía inevitablemente hasta nosotros. Significa reconocer que somos parte de un proceso más amplio, que nuestras capacidades tienen una historia y que las respuestas que hoy construimos pasarán a formar parte de las condiciones desde las que otros formularán sus propias preguntas.

EPÍLOGO

La Cerilla y la Inmensidad

Imaginemos por un instante a un simio que sostiene una cerilla encendida frente a la oscuridad. A su alrededor se extiende una inmensidad que no puede abarcar con la mirada. La pequeña llama ilumina apenas unos centímetros, dibuja contornos, revela algunas formas y hace visibles ciertos movimientos. Fuera de ese círculo de luz, el mundo continúa existiendo, aunque sus detalles permanezcan ocultos. La cerilla no reduce la inmensidad ni explica su origen; únicamente permite descubrir una pequeña parte de aquello que antes no podía distinguirse.

Ese simio es una imagen de nosotros mismos. Somos el resultado de una historia natural que comenzó mucho antes de que existieran seres capaces de preguntarse por ella. La materia se transformó, la vida apareció en algún momento de la historia terrestre y, a lo largo de una evolución prolongada, surgieron organismos capaces de percibir, aprender y modificar su conducta. Mucho después, una de esas formas de vida llegó a interrogarse sobre su propia existencia y sobre el universo del que forma parte. No sabemos si otras formas de vida han recorrido caminos semejantes ni si la inteligencia consciente es frecuente o excepcional. Nuestra experiencia, por extraordinaria que nos parezca, no basta para responder a esas preguntas.

La cerilla representa la inteligencia: una capacidad que nos permite reconocer regularidades, elaborar explicaciones, construir herramientas y ampliar el alcance de nuestros sentidos. Con ella hemos aprendido a observar lo infinitamente pequeño, a reconstruir acontecimientos ocurridos hace miles de millones de años y a formular hipótesis sobre lugares del universo a los que quizá nunca llegaremos físicamente. Cada descubrimiento ensancha el espacio de lo comprensible. Pero cada respuesta también puede revelar nuevas preguntas, y aquello que parecía un límite definitivo puede convertirse en el comienzo de otra investigación.

La llama, sin embargo, es frágil. Depende de unas condiciones materiales que permiten mantenerla encendida, y su alcance es limitado. Del mismo modo, nuestra inteligencia depende de un organismo concreto, de unas capacidades cognitivas desarrolladas durante la evolución y de los conocimientos que otras generaciones nos han transmitido. No contemplamos la realidad desde fuera del universo, sino desde una posición particular

dentro de él. Nuestros sentidos seleccionan información, nuestros instrumentos amplían esa capacidad y nuestros modelos intentan representar procesos que no siempre podemos observar directamente. La inteligencia no nos concede una perspectiva absoluta: nos proporciona medios para construir representaciones cada vez más contrastables de una realidad que no depende de nuestras preferencias.

Quizá por eso convenga desconfiar de la tentación de confundir una explicación con la totalidad de lo explicado. Una teoría puede describir con enorme precisión determinados fenómenos sin resolver todas las preguntas que los rodean. Una hipótesis puede resultar fecunda sin haber sido demostrada. Una creencia puede ofrecer seguridad sin disponer de evidencias suficientes. La diferencia entre estas posibilidades no siempre resulta cómoda, porque reconocer la incertidumbre exige renunciar a algunas certezas. Sin embargo, si la inteligencia humana ha de continuar ampliando su conocimiento, necesita conservar la capacidad de distinguir entre lo que sabe, lo que interpreta y lo que todavía ignora.

A lo largo de este libro hemos explorado una posible trayectoria desde la organización biológica hasta la conciencia capaz de formular preguntas, y desde esas preguntas hasta las explicaciones que las sociedades transmiten entre generaciones. No hemos demostrado que esa trayectoria constituya una secuencia universal ni que el motor epistemológico propuesto explique por sí solo el nacimiento de la conciencia, la religión o la cultura. Hemos construido un marco de reflexión para relacionar procesos distintos y examinar sus posibles conexiones. Su valor dependerá de la coherencia de sus argumentos, de su relación con los conocimientos científicos disponibles y de su disposición a ser revisado allí donde las evidencias no sostengan las interpretaciones planteadas.

La inmensidad no es únicamente aquello que ignoramos sobre el universo. También está formada por las preguntas que todavía no sabemos formular, las limitaciones de nuestros métodos y los fenómenos para los que aún no disponemos de explicaciones satisfactorias. Reconocer esa inmensidad no obliga a abandonar la búsqueda ni a sustituir la investigación por el misterio. Significa comprender que el conocimiento es una tarea abierta, que sus resultados deben poder examinarse y que ninguna respuesta humana adquiere validez definitiva por el simple hecho de satisfacer nuestra necesidad de comprender.

Tal vez nuestra responsabilidad no consista en iluminar toda la oscuridad, una aspiración que ni siquiera sabemos si tiene sentido, sino en cuidar la llama que hemos conseguido encender. Mantenerla viva requiere observación, pensamiento crítico, intercambio de conocimientos y voluntad de

corregir los errores. También exige recordar que el conocimiento acumulado puede utilizarse para construir o destruir, y que la capacidad de hacer algo no demuestra que debamos hacerlo. La inteligencia amplía nuestras posibilidades, pero la orientación de esas posibilidades depende de decisiones que no pueden delegarse únicamente en la técnica ni justificarse por el progreso.

El simio con la cerilla cuántica no es, por tanto, el dueño de la inmensidad ni el desenlace necesario de la historia del universo. Es una criatura que ha descubierto una pequeña fuente de luz y ha comenzado a preguntarse qué existe más allá de ella. Su grandeza no reside en haber eliminado la oscuridad, sino en poder observarla, reconocer sus límites e intentar comprenderla sin confundir lo que imagina con lo que ha conseguido demostrar.

La cerilla seguirá siendo pequeña. La inmensidad, mientras tanto, permanecerá abierta ante nosotros. Y quizá esa diferencia no sea una condena, sino la condición que hace posible que sigamos preguntando.

Porque el conocimiento no comienza cuando creemos tener todas las respuestas, sino cuando somos capaces de reconocer que todavía quedan preguntas por formular.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS

[P1] Levin, M. (2023). “Bioelectric networks: the cognitive glue enabling evolutionary scaling from physiology to mind”. Animal Cognition, 26, 1865–1891. DOI: 10.1007/s10071-023-01780-3.

[P2] Harrison, S. A., Rammu, H., Liu, F., Halpern, A., Nunes Palmeira, R. y Lane, N. (2023). “Life as a Guide to Its Own Origins”. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 54, 327–350. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110421-101509

[1] NASA, Are we really made of star stuff?, NASA Science, Astrobiology Learning Progressions. Recurso educativo sobre el origen cósmico de los elementos químicos y su incorporación a la materia que forma la Tierra y los seres vivos. Disponible en: https://science.nasa.gov/astrobiology/learning-resources/alp/are-we-really-made-of-star-stuff/

[2] Sutherland, J. D. (2017). “Studies on the origin of life — the end of the beginning”. Nature Reviews Chemistry, 1, artículo 0012. https://doi.org/10.1038/s41570-016-0012

[3] Ruiz-Mirazo, K., Briones, C. y de la Escosura, A. (2014). “Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life”. Chemical Reviews, 114(1), 285–366. https://doi.org/10.1021/cr2004844

[4] Pross, A. y Pascal, R. (2013). “The origin of life: what we know, what we can know and what we will never know”. Open Biology, 3(3), 120190. https://doi.org/10.1098/rsob.120190

[5] Higgs, P. G. y Lehman, N. (2015). “The RNA World: molecular cooperation at the origins of life”. Nature Reviews Genetics, 16, 7–17. https://doi.org/10.1038/nrg3841

[6] Nogal, N., Sanz-Sánchez, M., Vela-Gallego, S., Ruiz-Mirazo, K. y de la Escosura, A. (2023). “The protometabolic nature of prebiotic chemistry”. Chemical Society Reviews, 52, 7359–7388. https://doi.org/10.1039/D3CS00594A

[7] Mix, L. J. (2026). “The Origin, Extension, and Future of the ‘NASA Definition’ of Life”. Astrobiology, 26(1), 66–74. https://doi.org/10.1177/15311074251412317

[8] Deamer, D. (2024). “Perspective: Protocells and the Path to Minimal Life”. Journal of Molecular Evolution, 92(5), 530–538. https://doi.org/10.1007/s00239-024-10197-6

[9] Hancock, E. J., Ang, J., Papachristodoulou, A. y Stan, G.-B. (2017). “The Interplay between Feedback and Buffering in Cellular Homeostasis”. Cell Systems, 5(5), 498–508.e23. https://doi.org/10.1016/j.cels.2017.09.013

[10] Heylighen, F., Beigi, S. y Busseniers, E. (2022). “The role of self-maintaining resilient reaction networks in the origin and evolution of life”. BioSystems, 219, 104720. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2022.104720

[11] Mizraji, E. (2024). “Homeostasis and information processing: The key frames for the thermodynamics of biological systems”. BioSystems, 236, 105115. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.105115

[12] Cavalli, G. y Heard, E. (2019). “Advances in epigenetics link genetics to the environment and disease”. Nature, 571, 489–499. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1411-0

[13] Scanlon, K., Shanahan, F., Ross, R. P. y Hill, C. (2025). “Exploring the concept of bacterial memory”. Nature Microbiology, 10(12), 3049–3058. https://doi.org/10.1038/s41564-025-02185-3.

[14] Jiang, Y. y Hao, N. (2021). “Memorizing environmental signals through feedback and feedforward loops”. Current Opinion in Cell Biology, 69, 96–102. https://doi.org/10.1016/j.ceb.2020.11.008

[15] Shis, D. L., Bennett, M. R. e Igoshin, O. A. (2018). “Dynamics of Bacterial Gene Regulatory Networks”. Annual Review of Biophysics, 47, 447–467. https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-070317-032947

[16] Arguello, J. R. y Benton, R. (2017). “Open questions: Tackling Darwin’s ‘instincts’: the genetic basis of behavioral evolution”. BMC Biology, 15, artículo 26. https://doi.org/10.1186/s12915-017-0369-3

[17] Bendesky, A. y Bargmann, C. I. (2011). “Genetic contributions to behavioural diversity at the gene–environment interface”. Nature Reviews Genetics, 12, 809–820. https://doi.org/10.1038/nrg3065.

[18] Niepoth, N. y Bendesky, A. (2020). “How Natural Genetic Variation Shapes Behavior”. Annual Review of Genomics and Human Genetics, 21, 437–463. https://doi.org/10.1146/annurev-genom-111219-080427.

[19] Blumberg, M. S. (2017). “Development evolving: The origins and meanings of instinct”. WIREs Cognitive Science, 8, e1371. https://doi.org/10.1002/wcs.1371.

[20] Roberts, R. J. V., Pop, S. y Prieto-Godino, L. L. (2022). “Evolution of central neural circuits: state of the art and perspectives”. Nature Reviews Neuroscience, 23, 725–743. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00644-y.

[21] Goulding, M. (2009). “Circuits controlling vertebrate locomotion: moving in a new direction”. Nature Reviews Neuroscience, volumen 10, páginas 507–518, 2009. https://doi.org/10.1038/nrn2608

[22] Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Walter, P. (2002). Molecular Biology of the Cell. 4.ª edición. Nueva York: Garland Science. Capítulos 6, «How Cells Read the Genome: From DNA to Protein», y 7, «Control of Gene Expression».

[23] Porter, S. L., Wadhams, G. H. y Armitage, J. P. (2011). “Signal processing in complex chemotaxis pathways”. Nature Reviews Microbiology, 9, 153–165. https://doi.org/10.1038/nrmicro2505.

[24] Stein, B. E. y Stanford, T. R. (2008). “Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron”. Nature Reviews Neuroscience, 9, 255–266. https://doi.org/10.1038/nrn2331.

[25] Fetsch, C. R., DeAngelis, G. C. y Angelaki, D. E. (2013). “Bridging the gap between theories of sensory cue integration and the physiology of multisensory neurons”. Nature Reviews Neuroscience, 14, 429–442. https://doi.org/10.1038/nrn3503.

[26] Rankin, C. H., Abrams, T., Barry, R. J., Bhatnagar, S., Clayton, D. F., Colombo, J., Coppola, G., Geyer, M. A., Glanzman, D. L., Marsland, S., McSweeney, F. K., Wilson, D. A., Wu, C.-F. y Thompson, R. F. (2009). “Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation”. Neurobiology of Learning and Memory, 92(2), 135–138. https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.09.012.

[27] Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). “Theories of Associative Learning in Animals”. Annual Review of Psychology, 52, 111–139. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.111.

[28] Hawkins, R. D. y Byrne, J. H. (2015). “Associative Learning in Invertebrates”. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 7(5), a021709. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a021709.

[29] Schaefer, N. et al. (2017). “The malleable brain: plasticity of neural circuits and behavior – a review from students to students”. Journal of Neurochemistry, 142(6), 790–811. https://doi.org/10.1111/jnc.14107.

[30] Carcea, I. y Froemke, R. C. (2019). “Biological mechanisms for observational learning”. Current Opinion in Neurobiology, 54, 178–185. https://doi.org/10.1016/j.conb.2018.11.008.

[31] Deans, C. (2021). “Biological Prescience: The Role of Anticipation in Organismal Processes”. Frontiers in Physiology, 12, artículo 672457. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.672457.

[32] Mitchell, A., Romano, G. H., Groisman, B., Yona, A., Dekel, E., Kupiec, M., Dahan, O. y Pilpel, Y. (2009). “Adaptive prediction of environmental changes by microorganisms”. Nature, 460, 220–224. https://doi.org/10.1038/nature08112.

[33] Nobre, A. C. y van Ede, F. (2018). “Anticipated moments: temporal structure in attention”. Nature Reviews Neuroscience, 19, 34–48. https://doi.org/10.1038/nrn.2017.141.

[34] Summerfield, C. y de Lange, F. P. (2014). “Expectation in perceptual decision making: neural and computational mechanisms”. Nature Reviews Neuroscience, 15, 745–756. https://doi.org/10.1038/nrn3838.

[35] Bar, M. (2007). “The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions”. Trends in Cognitive Sciences, 11(7), 280–289. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.05.005.

[36] Evans, J. St. B. T. (2008). “Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition”. Annual Review of Psychology, 59, 255–278. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629.

[37] Gigerenzer, G. y Gaissmaier, W. (2011). “Heuristic Decision Making”. Annual Review of Psychology, 62, 451–482. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346.

[38] Arendt, D., Tosches, M. A. y Marlow, H. (2016). “From nerve net to nerve ring, nerve cord and brain — evolution of the nervous system”. Nature Reviews Neuroscience, 17, 61–72. https://doi.org/10.1038/nrn.2015.15.

[39] Seth, A. K. y Bayne, T. (2022). “Theories of consciousness”. Nature Reviews Neuroscience, 23, 439–452. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00587-4

[40] Choi, I., Demir, I., Oh, S. y Lee, S.-H. (2023). “Multisensory integration in the mammalian brain: diversity and flexibility in health and disease”. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 378(1886), 20220338. https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0338.

[41] Mashour, G. A., Roelfsema, P., Changeux, J.-P. y Dehaene, S. (2020). “Conscious Processing and the Global Neuronal Workspace Hypothesis”. Neuron, 105(5), 776–798. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026.

[42] Jimenez, M., Prieto, A., Hinojosa, J. A. y Montoro, P. R. (2025). “Consciousness Under the Spotlight: The Problem of Measuring Subjective Experience”. WIREs Cognitive Science, 16(1), e1697. https://doi.org/10.1002/wcs.1697.

[43] Chalmers, D. J. (1995). “Facing Up to the Problem of Consciousness”. Journal of Consciousness Studies, 2(3), 200–219.

[44] Chambers, C. D., Garavan, H. y Bellgrove, M. A. (2009). “Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience”. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33(5), 631–646. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.016.

[45] Huang, Q., Jiang, R., Mao, X., Shi, J. y Li, A. (2023). “Does response inhibition occur unconsciously? A systematic review and Bayesian meta-analysis”. Consciousness and Cognition, 115, 103570. https://doi.org/10.1016/j.concog.2023.103570.

[46] Heekeren, H. R., Marrett, S. y Ungerleider, L. G. (2008). “The neural systems that mediate human perceptual decision making”. Nature Reviews Neuroscience, 9, 467–479. https://doi.org/10.1038/nrn2374.

[47] Francken, J. C., Beerendonk, L., Molenaar, D., Fahrenfort, J. J., Kiverstein, J., Seth, A. K. y van Gaal, S. (2022). “An academic survey on theoretical foundations, common assumptions and the current state of consciousness science”. Neuroscience of Consciousness, 2022(1), niac011. https://doi.org/10.1093/nc/niac011.

[48] Henke, K. (2010). “A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness”. Nature Reviews Neuroscience, 11, 523–532. https://doi.org/10.1038/nrn2850.

[49] Baddeley, A. (2003). “Working memory: looking back and looking forward”. Nature Reviews Neuroscience, 4, 829–839. https://doi.org/10.1038/nrn1201.

[50] Buzsáki, G. y Tingley, D. (2023). “Cognition from the Body-Brain Partnership: Exaptation of Memory”. Annual Review of Neuroscience, 46, 191–210. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101222-110632.

[51] Grupe, D. W. y Nitschke, J. B. (2013). “Uncertainty and anticipation in anxiety: an integrated neurobiological and psychological perspective”. Nature Reviews Neuroscience, 14(7), 488–501. DOI: 10.1038/nrn3524.

[52] Tanovic, E., Gee, D. G. y Joormann, J. (2018). “Intolerance of uncertainty: Neural and psychophysiological correlates of the perception of uncertainty as threatening”. Clinical Psychology Review, 60, 87–99. DOI: 10.1016/j.cpr.2018.01.001.

[53] LeDoux, J. E. (2014). “Coming to terms with fear”. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(8), 2871–2878. DOI: 10.1073/pnas.1400335111.

[54] LeDoux, J. E. y Pine, D. S. (2016). “Using Neuroscience to Help Understand Fear and Anxiety: A Two-System Framework”. American Journal of Psychiatry, 173(11), 1083–1093. DOI: 10.1176/appi.ajp.2016.16030353.

[55] Valadez, E. A., Pine, D. S., Fox, N. A. y Bar-Haim, Y. (2022). “Attentional biases in human anxiety”. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 142, artículo 104917. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2022.104917.

[56] Kruglanski, A. W. y Webster, D. M. (1996). “Motivated closing of the mind: ‘Seizing’ and ‘freezing’”. Psychological Review, 103(2), 263–283. DOI: 10.1037/0033-295X.103.2.263. La publicación desarrolla el concepto de necesidad de cierre cognitivo y sus efectos sobre la búsqueda y conservación de respuestas.

[57] Birrell, J., Meares, K., Wilkinson, A. y Freeston, M. (2011). “Toward a definition of intolerance of uncertainty: a review of factor analytical studies of the Intolerance of Uncertainty Scale”. Clinical Psychology Review, 31(7), 1198–1208. DOI: 10.1016/j.cpr.2011.07.009.

[58] Covarrubias, R. y Laiduc, G. (2024). “Paradoxes, uncertainty, and resistance: A psychology of meaning-making at the margins”. Social and Personality Psychology Compass, 18(7), e12980. DOI: 10.1111/spc3.12980.

[59] Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T. y Moll, H. (2005). “Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition”. Behavioral and Brain Sciences, 28(5), 675–691. DOI: 10.1017/S0140525X05000129.

[60] Mesoudi, A. y Thornton, A. (2018). “What is cumulative cultural evolution?”. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1880), 20180712. DOI: 10.1098/rspb.2018.0712.

[61] Loewenstein, G. (1994). “The psychology of curiosity: A review and reinterpretation”. Psychological Bulletin, 116(1), 75–98. DOI: 10.1037/0033-2909.116.1.75.

[62] Gottlieb, J., Oudeyer, P.-Y., Lopes, M. y Baranes, A. (2013). “Information-seeking, curiosity, and attention: computational and neural mechanisms”. Trends in Cognitive Sciences, 17(11), 585–593. DOI: 10.1016/j.tics.2013.09.001.

[63] Segal, R. A. (2015). Myth: A Very Short Introduction (2.ª ed.). Oxford University Press. DOI: 10.1093/actrade/9780198724704.001.0001. La ficha editorial confirma la edición, la fecha y el enfoque multidisciplinar de la obra.

[64] Hasty, J., Lewis, D. G. y Snipes, M. Introduction to Anthropology. OpenStax, apartado «Myth and Religious Doctrine». https://openstax.org/books/introduction-anthropology/pages/13-3-myth-and-religious-doctrine. El recurso presenta el estudio antropológico del mito, sus funciones sociales y su transmisión oral.

[65] Scalise Sugiyama, M. y Reilly, K. J. (2023). “Cross-cultural forager myth transmission rules: Implications for the emergence of cumulative culture”. Evolution and Human Behavior, 44(6), 566–583. https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2023.01.012. Este estudio analiza cómo distintas sociedades recolectoras regulan la narración de mitos para facilitar su transmisión entre generaciones.

[66] Mithen, S. (2006). “Ethnobiology and the evolution of the human mind”. Journal of the Royal Anthropological Institute, 12(S1), S45–S61. https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2006.00272.x. Estudia la evolución del pensamiento humano y las capacidades para percibir y clasificar el entorno natural.

[67] Currie, A. y Killin, A. (2019). “From things to thinking: Cognitive archaeology”. Mind & Language, 34(2), 263–279. https://doi.org/10.1111/mila.12230. Examina cómo inferimos formas de pensamiento de sociedades pasadas a partir de evidencias materiales y los límites de esas reconstrucciones.

[68] Jackson, J. C., Dillion, D., Bastian, B., Watts, J., Buckner, W., DiMaggio, N. y Gray, K. (2023). “Supernatural explanations across 114 societies are more common for natural than social phenomena”. Nature Human Behaviour, 7, 707–717. https://doi.org/10.1038/s41562-023-01558-0. Estudio comparativo sobre el uso de explicaciones sobrenaturales para fenómenos naturales y sociales en 114 sociedades.

[69] Boyer, P. y Bergstrom, B. (2008). “Evolutionary Perspectives on Religion”. Annual Review of Anthropology, 37, 111–130. https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.37.081407.085201. Revisión de las perspectivas cognitivas y evolutivas sobre las representaciones de agentes sobrenaturales, los rituales y las conductas religiosas.

[70] Barrett, J. L. (2000). “Exploring the natural foundations of religion”. Trends in Cognitive Sciences, 4(1), 29–34. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01419-9. Examina cómo procesos cognitivos ordinarios intervienen en la adquisición, conservación y transmisión de conceptos religiosos.

[71] Norenzayan, A., Shariff, A. F., Gervais, W. M., Willard, A. K., McNamara, R. A., Slingerland, E. y Henrich, J. (2016). “The cultural evolution of prosocial religions”. Behavioral and Brain Sciences, 39, e1. https://doi.org/10.1017/S0140525X14001356. Estudia cómo ciertas creencias y prácticas religiosas pudieron difundirse junto con formas de cooperación, solidaridad y organización social, sin sostener que la religión sea necesaria para la moralidad o la cooperación.

[72] Gelfand, M. J., Gavrilets, S. y Nunn, N. (2024). “Norm Dynamics: Interdisciplinary Perspectives on Social Norm Emergence, Persistence, and Change”. Annual Review of Psychology, 75, 341–378. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-033020-013319. Revisión interdisciplinar sobre cómo surgen, se transmiten, persisten y cambian las normas sociales.

[73] McNamara, R. A. (2024). “Cultural Evolution of Religion, Spirituality and Ritual: Impacts On Human Cooperation”. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 76, 769–788. https://doi.org/10.1007/s11577-024-00937-3. Examina la relación entre religión, ritual, transmisión cultural y cooperación humana, sin implicar que todas las creencias religiosas tengan los mismos efectos.

[74] Legare, C. H. (2019). “The Development of Cumulative Cultural Learning”. Annual Review of Developmental Psychology, 1, 119–147. https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-121318-084848. Revisión sobre cómo las personas aprenden, heredan y modifican conocimientos, prácticas y tecnologías culturales a través de generaciones.

[76] Hausner, S. L. (2020). “The comparative anthropology of religion, or the anthropology of religion compared: a critical comment”. Social Anthropology, 28(2), 482–495. https://doi.org/10.1111/1469-8676.12766. Examina los problemas de comparar tradiciones religiosas distintas y de tratar la categoría de religión como si tuviera un significado universal independiente de la cultura.

[77] Evans, J. H. y Evans, M. S. (2008). “Religion and Science: Beyond the Epistemological Conflict Narrative”. Annual Review of Sociology, 34, 87–105. https://doi.org/10.1146/annurev.soc.34.040507.134702. Revisa las formas de estudiar las relaciones entre ciencia y religión, incluidas sus dimensiones sociales e institucionales, más allá de una oposición epistemológica simplificada.

[78] Olick, J. K. (1999). “Collective Memory: The Two Cultures”. Sociological Theory, 17(3), 333–348. https://doi.org/10.1111/0735-2751.00083

[79] Hoppitt, W. y Laland, K. N. (2008). “Social processes influencing learning in animals: a review of the evidence”. Advances in the Study of Behavior, 38, 105–165. https://doi.org/10.1016/S0065-3454(08)00003-X. Revisión de los mecanismos de aprendizaje social en animales y de cómo la información puede difundirse entre individuos.

[80] Whiten, A. (2017). “Social learning and culture in child and chimpanzee”. Annual Review of Psychology, 68, 129–154. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044108. Compara el aprendizaje social y la cultura en seres humanos y chimpancés, abordando tanto las continuidades evolutivas como las particularidades de la acumulación cultural humana.

[81] Whiten, A. (2019). “Cultural evolution in animals”. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 50, 27–48. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110218-025040. Revisa la evidencia de transmisión cultural en distintas especies y advierte que la cultura animal y la acumulación cultural humana presentan semejanzas y diferencias.

[82] Tomasello, M. (2000). “Culture and Cognitive Development”. Current Directions in Psychological Science, 9(2), 37–40. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00056.

[83] Hutchins, E. (1995). Cognition in the Wild. Cambridge, MA: MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/1881.001.0001.

[84] Richerson, P. J., Boyd, R. y Henrich, J. (2010). "Gene-Culture Coevolution in the Age of Genomics". Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(Suppl. 2), 8985–8992. https://doi.org/10.1073/pnas.0914631107

[85] Laland, K. N., Odling-Smee, J. y Myles, S. (2010). "How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together". Nature Reviews Genetics, 11, 137–148. https://doi.org/10.1038/nrg2734.

[86] Tishkoff, S. A. et al. (2007). "Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe". Nature Genetics, 39, 31–40. https://doi.org/10.1038/ng1946

[87] Laland, K. N. (2004). "Social learning strategies". Learning & Behavior, 32(1), 4–14. https://doi.org/10.3758/BF03196002.

[88] Creanza, N., Kolodny, O. y Feldman, M. W. (2017). "Cultural evolutionary theory: How culture evolves and why it matters". Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), 7782–7789. https://doi.org/10.1073/pnas.1620732114

[89] Tamariz, M. y Kirby, S. (2016). "The Cultural Evolution of Language". Current Opinion in Psychology, 8, 37–43. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.09.003.

[90] Hauser, M. D., Yang, C., Berwick, R. C., Tattersall, I., Ryan, M. J., Watumull, J., Chomsky, N. y Lewontin, R. C. (2014). "The mystery of language evolution". Frontiers in Psychology, 5, artículo 401. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00401

[91] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Reproducibility and Replicability in Science. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25303

[92] Odling-Smee, F. J., Laland, K. N. y Feldman, M. W. (2003). Niche Construction: The Neglected Process in Evolution. Princeton, NJ: Princeton University Press.

[93] Larsen, C. S. (2018). "The Bioarchaeology of Health Crisis: Infectious Disease in the Past". Annual Review of Anthropology, 47, 295–313. https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-102116-041441

[94] Gelman, S. A. y Roberts, S. O. (2017). "How language shapes the cultural inheritance of categories". Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), 7900–7907. https://doi.org/10.1073/pnas.1621073114

[95] Fedorenko, E., Piantadosi, S. T. y Gibson, E. A. F. (2024). "Language is primarily a tool for communication rather than thought". Nature, 630, 575–586. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07522-w

NOTA DEL AUTOR

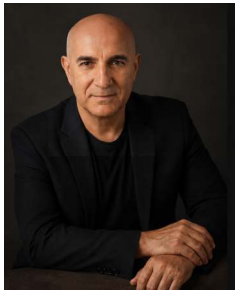
La Imagen como Germen del Pensamiento

«La obra pictórica que ilustra la cubierta de este libro no es un acompañamiento estético ni una interpretación posterior del escrito: es su origen exacto y su detonante analítico.»

Este ensayo nace de un proceso vertebrado por el Simbiosismo. La imagen que da título y portada a esta obra —captada del natural y reconstruida mediante la síntesis plástico-fotográfica— no busca ilustrar una idea previa, sino desvelarla.

Durante la construcción de "El simio con la cerilla cuántica", la tensión cromática, la forma y la estructura visual actuaron como el catalizador de la reflexión. Lo que comenzó como una intuición plástica sobre nuestra condición instintiva y el manejo de herramientas complejas fue articulando, capa a capa, los dilemas conceptuales que exigían ser traducidos al lenguaje discursivo.

El texto que tiene en sus manos es la consecuencia analítica y el desarrollo natural de esa primera revelación visual. Obra plástica y ensayo escrito constituyen las dos dimensiones inseparables de un mismo acto de conocimiento: la foto-pintura es la chispa intuitiva y el libro, la combustión intelectual que la despliega.



CHICOTE CFC

Mi trayectoria intelectual no se ha forjado en el aislamiento de una única disciplina, sino en la intersección crítica donde confluyen la observación de la realidad, el análisis de los sistemas complejos y la necesidad de responder a las preguntas fundamentales de la experiencia humana. Como creativo, pensador independiente y teórico transdisciplinar, he dedicado años al estudio de las estructuras visuales abstractas que rigen la cognición, la fenomenología y las dinámicas evolutivas en el arte, buscando siempre los puentes ocultos que unen la materia orgánica con la abstracción conceptual.

"El simio con la cerilla cuántica" es el resultado maduro de esa búsqueda. Nace de una profunda insatisfacción ante los dogmas de la antropología física contemporánea, cuya tendencia a fragmentar la hominización en meras mediciones óseas o accidentes anatómicos me pareció siempre insuficiente para explicar el abismo de la autoconciencia. Mi enfoque metodológico se fundamenta en la convicción de que los grandes saltos cuantitativos de la historia de la vida no ocurren de forma aislada, sino a través de intrincados procesos de coevolución y retroalimentación donde la experiencia vivida altera de forma física el soporte que la contiene.

Al firmar esta tesis bajo el nombre de "Chicote CFC", asumo el compromiso de ofrecer un pensamiento riguroso, desprovisto de los vicios y las inercias del circuito académico convencional, pero sólidamente anclado en la vanguardia de las ciencias cognitivas, la neurobiología y la termodinámica de sistemas. Mi objetivo como autor no es meramente descriptivo; aspiro a ofrecer al lector un andamiaje teórico impecable que le permita reconfigurar su propia posición en el cosmos, recordándole que nuestra mayor fortaleza como especie no reside en las certezas técnicas acumuladas, sino en el coraje ancestral de sostener la mirada ante lo desconocido.