

Iván Darío Parra Mesa

# EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO

Una visión evolucionista de la dinámica  
del cambio tanto en la ciencia como  
en las organizaciones empresariales



Universidad  
Pontificia  
Bolivariana

# Iván Darío Parra Mesa



Ingeniero Electrónico, MSc. en Gestión Tecnológica y Doctor en Filosofía de la Universidad Pontificia Bolivariana. Docente investigador a nivel de postgrado en historia de la ciencia y la tecnología en la Universidad Pontificia Bolivariana. Intereses de estudio e investigación en historia y filosofía de la ciencia y de la tecnología, gestión de la innovación y el conocimiento, cosmología, teoría del conocimiento y teoría de la complejidad.

Otros libros publicados:

*Los modernos alquimistas. Epistemología corporativa y gestión del conocimiento.*

Fondo editorial Universidad EAFIT, 2004.

*Innovación. La única manera de construir futuro.* Editorial Universidad de Antioquia, 2008.

*Innovación. Conceptos, proceso, mitos y realidades.* Editorial Universidad de Antioquia, 2011.

Iván Darío Parra Mesa

## EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO

Una visión evolucionista de la dinámica del cambio tanto en la ciencia como en las organizaciones empresariales

193  
P831Zp

Parra Mesa, Iván Darío, autor  
El desarrollo del conocimiento. Una visión evolucionista de la dinámica del cambio tanto en la ciencia como en las organizaciones empresariales / Iván Darío Parra Mesa -- Medellín: UPB, 2018.  
274 páginas: 14 x 23 cm  
ISBN: 978-958-764-596-5  
ISBN: 978-958-764-597-2 (versión web)

1. Popper, Karl, 1902 – 1994 – Crítica e interpretación – 2. Filosofía – Austria – 3. Teoría del conocimiento – 4. Epistemología – I. Título

CO- MdUPB / spa / rda  
SCDD 21 / Cutter-Sanborn

© Iván Darío Parra Mesa  
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana  
Vigilada Mineducación

**El desarrollo del conocimiento. Una visión evolucionista de la dinámica del cambio tanto en la ciencia como en las organizaciones empresariales**

ISBN: 978-958-764-596-5  
ISBN: 978-958-764-597-2 (versión web)  
Primera edición, 2018

Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades  
Escuela de Ingenierías  
Grupo: Gestión de la Tecnología y la Innovación (GTI.UPB)  
Proyecto: Estudios de Doctorado en Filosofía de la Ciencia

**Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:** Mons. Ricardo Tobón Restrepo

**Rector General:** Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

**Vicerrector Académico:** Álvaro Gómez Fernández

**Decano de la Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades:** Luis Fernando Fernández Ochoa

**Decano de la Escuela de Ingenierías:** Roberto Carlos Hincapié Reyes

**Editor:** Juan Carlos Rodas Montoya

**Coordinación de Producción:** Ana Milena Gómez Correa

**Diagramación:** María Isabel Arango Franco

**Corrección de estilo:** Cristian Suárez Giraldo

**Pintura portada:** *El Astrónomo*, 1688. Johannes Vermeer, pintor holandés

**Dirección Editorial:**  
Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2018  
E-mail: editorial@upb.edu.co  
www.upb.edu.co  
Telefax: (57)(4) 354 4565  
A.A. 56006 - Medellín - Colombia

**Radicado:** 1691-04-04-18

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

*A mi esposa Soledad,  
por su apoyo indeclinable  
A mis hijas Lina María y Estefanía  
por su amor incondicional  
A mis padres Manuel y Alicia  
por haberme hecho lo que soy*

# Agradecimientos

El presente libro surge como un producto derivado de mi tesis de doctorado en filosofía, y tiene como fin socializar el conocimiento logrado, tanto con la comunidad académica como con todos aquellos interesados en la Filosofía de la Ciencia y en la Epistemología Evolucionista.

Se propone una interpretación epistemológica del desarrollo del conocimiento en las empresas y en las organizaciones humanas en general, mostrando la dinámica de cómo las empresas innovadoras gestionan su conocimiento y lo aprovechan para generar innovación constante.

Toda mi gratitud al profesor Jorge Antonio Mejía Escobar por su guía, sus consejos y su apoyo constante como director, durante la realización de este proyecto.

Agradezco al Padre César Augusto Ramírez Giraldo de la Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades de la Universidad Pontificia Bolivariana por su acompañamiento, por sus enriquecedoras y amenas asesorías metodológicas y por su constante preocupación sobre el avance de mi proyecto investigativo. Igualmente agradezco al profesor de la Facultad de Filosofía de dicha universidad, Conrado Giraldo Zuluaga, porque siempre estuvo ahí cuando lo necesité, y al profesor Juan Carlos Rodas Montoya por su asesoría y consejo en lo relativo a la redacción y estilo de este documento. También quiero expresar mis agradecimientos a los

profesores Juan Carlos Moreno, Freddy Santamaría y Javier Kasahara por sus observaciones y recomendaciones como jurados de mi tesis pues fueron muy útiles para reorganizar mis pensamientos y expresarlos en argumentos que ahora me parecen más claros y sólidos.

Agradezco también al profesor Luciano Gallón Londoño, coordinador del Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la Innovación (GTI.UPB) de la Facultad de Ingeniería Industrial, por su apoyo constante y su preocupación para que este libro viera la luz.

A Cristian Alejandro Suárez Giraldo por su impecable corrección de estilo para que este libro saliera depurado de todos esos diablitos e imprecisiones que se meten inevitablemente en la escritura.

Por último, mi total gratitud para la Universidad Pontificia Bolivariana en la que me formé, primero en el campo de las ingenierías y ahora en este otro campo tan diferente pero tan apasionante de la filosofía de la ciencia.

## Prólogo

Apreciado lector, o amigo curioso que desea decidir si aborda la lectura de este libro.

Desde mi punto de vista, son notables dos aportes en esta exploración sobre el conocimiento humano, que asume como es-tribo la filosofía de la ciencia y más precisamente los aportes de Karl Popper a ella.

El primer aporte es la continuación de la reflexión popperiana en la senda de las teorías de la evolución. La teoría del conocimiento de Popper experimentó una importante mutación cuando su autor entró en su sexta década de vida. Su primera etapa de teorización estuvo marcada por el legado recibido de los maestros que dieron vida al movimiento del Círculo de Viena y consideraban que la lógica formal era la plantilla desde la cual se debía orientar el desarrollo del conocimiento humano. De esa manera surgió primero la teoría, y luego el movimiento, del falsacionismo como heurística disponible para manejar el conocimiento humano como proyecto.

Pero hacia los sesenta años, este filósofo comenzó a expresar en sus publicaciones una alternativa que poco a poco se consolidó como una mutación: también era posible interpretar el conocimiento en un marco más amplio que la lógica, el de la evolución de las formas de vida. De esa manera la mutación consistió en reemplazar a la lógica formal por la evolución como la plantilla que

permitía anticipar, y por tanto orientar, las conductas que producen el incremento del conocimiento. Y de las teorías disponibles sobre la evolución, la más compatible con su esquema previo era la teoría darwiniana porque el *seleccionismo* podía leerse también como un *falsacionismo biológico*. De ese modo, la mutación popperiana producía una expansión, **el conocimiento** dejaba de ser un asunto exclusivamente humano, coronado por la ciencia, y pasaba a ser un fenómeno de la naturaleza. Era posible, entonces, que la clave evolutiva permitiera movilizarse hacia atrás en el tiempo, generando comprensión de los procesos, y hacia adelante, generando proyecciones, y por tanto desempeñando la función de guía para la acción.

La función de guía para la acción había sido sintetizada por Popper en un diagrama de flujo que iba de teorías anteriores a teorías posteriores como extremos y en medio de ellas situaba las soluciones tentativas (o conjeturas, o suposiciones) y las confrontaciones con la experiencia (como momentos de eliminación de errores). Debido a los cuatro componentes de este esquema, Popper lo llamó *tetrádico*.

Pero la teoría de la evolución continuó su discusión interna en la segunda mitad del siglo XX y en el inicio del XXI. Y una importante tendencia, resultado de la exploración, fue buscar un punto intermedio que sacara el problema de los extremos de la disyunción Lamarck – Darwin, y permitiera salvar las situaciones en las cuales parece haber introducción de información procedente del ambiente que produce una anticipación exitosa del futuro. Los resultados de esa exploración se fueron reuniendo en una vía no excluyente denominada **teorías de evolución y desarrollo**, o más escuetamente **evo-devo** (evolutionary developmental biology).

Hecha esta digresión, ya podemos retomar el punto inicial, el primer aporte de este libro: esta investigación introduce en la tradición popperiana de la teoría del conocimiento los aportes evo-devo. Eso quiere decir que se aparta del exclusivismo de la línea *seleccionista* darwiniana al añadirle procedimientos *instruccionistas* (lamarckianos) de aprendizaje positivo como resultado de la experiencia.

Y paso, entonces, al segundo aporte que quiero resaltar. En esta ocasión se trata de un elemento vinculado radicalmente con la formación inicial del autor de este libro como ingeniero y a su amplia experiencia en este campo por su vida laboral. La filosofía ha ostentado a través de la historia una profunda vinculación con la ciencia como conocimiento del mundo, uno de los efectos sensibles de esta larga simbiosis ha sido la filosofía de la ciencia. Menor, en cambio, ha sido la intimidad de la filosofía con la técnica como actividad transformadora de la realidad. No obstante, la técnica es también un ámbito desde el cual pueden migrar recursos a la filosofía para mejorar la capacidad de proyectar. Pues bien, este libro introduce también otra novedad en la tradición popperiana, toma los aportes de Chris Argyris y Donald Schön, dos teóricos recientes del manejo de las organizaciones y propone incorporar a la teoría evolutiva del conocimiento su esquema del doble ciclo de aprendizaje de las organizaciones para sofisticar el clásico modelo tetrádico de incremento del conocimiento.

Así, el segundo aporte resulta significativo tanto por provenir de un ámbito lejano, la técnica organizacional, como por proporcionar una forma concreta de integrar la filosofía de la ciencia con la filosofía de la técnica para la tarea de proyección del conocimiento.

**Jorge Antonio Mejía Escobar**

Universidad de Antioquia

Instituto de Filosofía

# Contenido

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>7</b>
<b>Prólogo .....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 1</b>	
<b>La visión popperiana sobre el desarrollo del conocimiento .....</b>	<b>29</b>
1.1 El punto de partida: la actitud crítica .....	30
1.2 Las fases popperianas en el proceso de aprendizaje.....	35
1.3 Popper y el Círculo de Viena .....	39
1.4 Selección natural de hipótesis La epistemología evolucionista .....	42
1.5 El principal problema de la Epistemología.....	44
1.6 Punto de llegada: la evolución biológica como proceso de aprendizaje .....	49
1.7 El proceso tetrádico popperiano .....	54
1.8 Anotaciones a Popper.....	60
1.8.2 Sobre la naturaleza de la variación en la evolución biológica. ....	63
1.8.3 Sobre las causaciones próxima y lejana en Popper ....	71
1.9 Elementos fundamentales de la epistemología popperiana .....	77

**Capítulo 2****La dinámica del aprendizaje según****Chris Argyris y Donald Schön ..... 85**

- 2.1. La epistemología de la actividad profesional práctica ..... 85
- 2.2. El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön ..... 94
- 2.3. Anotaciones a Argyris y a Schön ..... 110

**Capítulo 3****Reformulando el esquema tetrádico popperiano.****Una visión diferente de la evolución biológica ..... 121**

- 3.1 Los sistemas cognoscentes autónomos  
son sistemas darwinianos..... 121
- 3.2 La propuesta de David Hull: replicadores,  
interactores y linajes ..... 124
- 3.3 El proceso que le faltó a Hull..... 134
- 3.4 Reformulando a Popper..... 140
- 3.5 Una digresión necesaria ..... 143
- 3.6 Del esquema tetrádico popperiano  
al ciclo de generación de valor ..... 150

**Capítulo 4****¿Cómo aprenden las organizaciones humanas? ..... 163**

- 4.1 Unas palabras sobre economía evolucionista ..... 163
- 4.2 Sobre los comportamientos organizacionales ..... 169
- 4.3 Las organizaciones humanas:  
sistemas cognoscentes autónomos..... 175
- 4.4 La función variación-replicación-expresión  
en las organizaciones humanas..... 184
- 4.5 El estructurador cognoscitivo  
en las organizaciones humanas..... 197
- 4.6 El doble lazo de aprendizaje en el caso  
de las organizaciones humanas..... 205
- 4.7 Aprendiendo a aprender ..... 209

**Capítulo 5****El esquema tetrádico popperiano replanteado****aplicado al ámbito del desarrollo de la ciencia ..... 219**

- 5.1 Una aproximación a una epistemología  
evolucionista de teorías..... 219
- 5.2 Las ecologías intelectuales..... 220
- 5.3 El ecosistema intelectual de una disciplina científica..... 226
- 5.4 El cambio en la ciencia desde la perspectiva  
toulminiana..... 232
- 5.5 La disciplina científica, una empresa racional ..... 241
- 5.6 El desarrollo de una disciplina científica  
mirado desde el doble ciclo del aprendizaje..... 247

**Conclusiones y posibles líneas****de investigación futura..... 255****Bibliografía ..... 261**

## Introducción

El filósofo de la biología estadounidense David Hull (1935–2010) expresó lo siguiente en uno de sus libros: “Somos una especie curiosa. Nuestra adaptación básica es la de saber jugar el juego del conocimiento” (*Science and selection* 97)<sup>1</sup>. El propósito de este libro es aportar una jugada más en el juego del conocimiento. Para ello, no pretendemos analizar o interpretar el aporte de un determinado filósofo, sino mirar con otros ojos un viejo problema de la filosofía: el problema del desarrollo del conocimiento. Por tal motivo, nuestra jugada tiene como objetivo reformular los planteamientos de Popper sobre este venerable problema desde una perspectiva diferente.

En este juego del conocimiento se han realizado innumerables jugadas y se ha explorado una infinitud de caminos –o, como en el juego del ajedrez, una infinitud de estrategias–. Nuestra contribución consiste en *mostrar* algún otro camino, una nueva estrategia, atrevernos a realizar nuestra propia jugada; y decimos “mostrar” porque la filosofía muestra, y no demuestra, como es responsabilidad de la ciencia<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> “We are a curious species. Our chief adaptation is playing the knowledge game”.

<sup>2</sup> La posición clara y firme del filósofo alemán Ludwig Wittgenstein sobre la tarea de la filosofía fue precisamente esa: “La filosofía expone meramente todo y no explica ni deduce nada. Puesto que todo yace abiertamente, no hay nada que explicar (§ 126).

Pero la filosofía es un juego complejo ya que implica, como en el ajedrez, muchas posibles jugadas o, como en la exploración de un territorio no del todo conocido, varios caminos y cruces; caminos que otros han transitado y caminos nuevos; caminos que se bifurcan y otros que se reúnen. En este juego han participado muchos jugadores, y bastantes exploradores han transitado sus caminos y han abierto otros nuevos. Abarcar todas esas jugadas, conocer todas esas exploraciones, es un trabajo propio de enciclopedistas que va más allá de lo que aquí pretendemos<sup>3</sup>.

Seguramente varias de las ideas que aquí se discuten y se proponen han sido tratadas por filósofos de diferentes épocas y desde distintos ámbitos de la filosofía. Sin embargo, como nos concederá el lector, es imposible abarcar la gran diversidad de ideas, opiniones y reflexiones que, como caminos que se bifurcan innumerables veces, constituyen la tradición filosófica sobre el desarrollo del conocimiento. Por ello nos enfocaremos en unos pocos guías y maestros del juego, aunque otros pensadores, tanto filósofos como científicos, nos servirán como apoyo en varios puntos del camino, como referencias para el lector o para posteriores indagaciones más allá del alcance de este trabajo.

Esta premisa concuerda con el sentido generalizado que existe entre la mayoría de los filósofos de que una buena manera de hacer filosofía es comprometerse con investigaciones muy intensas, centradas en problemas y áreas problemáticas particulares, y así mantener otros asuntos importantes lo más lejos posible. Eso pretendemos aquí. Existen muchas perspectivas que se pueden explorar, pero nosotros escogimos una, escogimos explorar nuestro propio camino, realizar nuestra jugada confiando en que será una

<sup>3</sup> Un caso especial que merece un llamado de atención por la importancia de su contribución al problema es el del sociólogo alemán Niklas Luhmann y su teoría de sistemas sociales como sistemas autopoiéticos conformados no por hombres sino por comunicaciones. Sin embargo, la perspectiva que consideramos en este libro se aleja de la perspectiva de Luhmann y, por ello, no está dentro del alcance de nuestro trabajo.

jugada distinta, una nueva perspectiva no avizorada antes, un nuevo camino no recorrido.

El gran maestro en nuestro juego será el filósofo austriaco Sir Karl Popper (1902–1994). Él será quien nos guíe en la exploración de ese nuevo camino, en la realización de esas nuevas jugadas que pretendemos. Exploraremos con su guía y con la ayuda de otros filósofos una variante al camino por él transitado en el amplio territorio conformado por el problema del desarrollo del conocimiento, y más específicamente por el problema de la dinámica de ese desarrollo que tan magistral y sintéticamente expresó en su esquema tetrádico. Por ello, de acuerdo con lo dicho más arriba y con el propósito de enfocar el problema y limitar el alcance de lo que pretendemos hacer, dejaremos al margen otros problemas tratados por Popper en su amplia trayectoria como filósofo de la ciencia como los problemas del determinismo físico, de la demarcación entre ciencia y pseudociencia, de la inducción, de la falsación de una teoría científica y del historicismo, entre otros.

Plantearé como objetivo de nuestra indagación dos tesis básicas sobre cuya defensa nos concentraremos en este libro. Defensa que, como antes anotamos, será un mostrar esa nueva perspectiva, ese nuevo camino, y no un demostrar. Esperamos, en este propósito, arrojar la luz suficiente para que ese mostrar sea lo suficientemente claro.

Con la primera tesis planteamos la reformulación del esquema tetrádico popperiano. Dice así:

**Tesis 1.** El ciclo popperiano de desarrollo del conocimiento se puede reformular, para ampliar su capacidad descriptiva, si lo interpretamos bajo el esquema del doble ciclo del aprendizaje de Chris Argyris y Donald Schön. Este ciclo reformulado deja ver claramente el patrón subyacente de cambio en los fenómenos de desarrollo del conocimiento tanto en la ciencia como en la evolución biológica.

Lo interesante aquí es que el mismo Popper, en algunos de sus escritos, planteó ideas que nos ayudarán con la reformulación que pretendemos. Esas ideas las exploraremos en el capítulo primero.

La segunda tesis básica busca mostrar que la dinámica del desarrollo del conocimiento que se defiende con la primera tesis también es aplicable para entender cómo se desarrolla el conocimiento en las organizaciones humanas, y como caso sobresaliente en las empresas productivas. Esta segunda tesis dice así:

**Tesis 2.** El desarrollo del conocimiento en las organizaciones humanas obedece al mismo patrón subyacente que se menciona en la tesis 1.

Además, a lo largo de nuestro viaje, plantearemos algunas tesis auxiliares que nos ayudarán a comprender aspectos específicos –algunos recovecos en el camino– de nuestra exploración.

Para empezar, tomaremos prestada una frase del filósofo estadounidense Robert Brandom (1950), que en el prefacio de su libro *Making it explicit* hace alusión al recorrido que el lector iniciará por el edificio conceptual que allí se presenta: “[...] iniciando el relato con algunas lecciones históricas. En este sentido, los capítulos 1 y 2 serán el vestíbulo de entrada al resto del edificio [...]” (xii)<sup>4</sup>. En nuestro caso será igual. Los capítulos 1 y 2 son precisamente ese vestíbulo de entrada a nuestro propio edificio conceptual y cuyo recorrido nos dará las bases para la defensa de las tesis presentadas.

En la primera ala de ese vestíbulo, el capítulo 1 titulado “La visión popperiana sobre el desarrollo del conocimiento”, hacemos un breve recorrido histórico por los principales hitos en el pensamiento de Popper relacionados con la forma en la que él concibió el desarrollo del pensamiento científico, y luego sobre la manera como aplicó esa misma visión para describir la naturaleza del cambio en el proceso evolutivo biológico. Por otro lado, describimos, de manera resumida, la ontología de su teoría del conocimiento, conscientes de que existe una extensa bibliografía al respecto en la que se hace una descripción más completa y más autorizada de la

<sup>4</sup> “[...] starting the story with some historical lessons. Accordingly, Chapters 1 and 2 form an entrance hall to the rest of the edifice [...]”.

génesis de la teoría popperiana del conocimiento; incluso el mismo Popper nos cuenta en su autobiografía *Búsqueda sin término* los pormenores del desarrollo de su pensamiento. Sin embargo, lo hacemos por una razón: en este proceso de génesis del pensamiento popperiano podemos descubrir algunas pistas que, como ya dijimos, nos servirán de señales en el camino hacia la meta que pretendemos con este libro.

Iniciamos con el joven Popper cuando critica la manera como sus contemporáneos del Círculo de Viena concebían los objetivos de la filosofía y su teoría del desarrollo del conocimiento científico. Describimos cómo lo marcó la publicación de las dos teorías de la física que surgieron a principios del siglo xx –la Mecánica Cuántica y la Teoría General de la Relatividad– y, en particular, cómo influyó sobre él la actitud de Einstein sobre la contrastación de las teorías científicas. Terminamos con el giro que lo llevó a tratar de complementar la teoría neodarwinista, por entonces en boga, mediante la aplicación de su teoría de desarrollo del conocimiento para explicar el fenómeno de la evolución biológica. Este proceso lo llevó, a su vez, a reorganizar esa teoría y, más específicamente, su teoría del desarrollo del conocimiento científico bajo el marco de una *epistemología evolucionista*.

Llegamos, como conclusión –lo llamamos “nuestro punto de llegada”–, a entender el proceso tetrádico popperiano aplicado tanto al desarrollo del conocimiento científico como al proceso de la evolución biológica. Es decir; llegamos a la conclusión de que una misma dinámica de cambio subyace a dos fenómenos de naturaleza tan distinta. Es este precisamente uno de los objetivos que persiguió la filosofía griega clásica con su concepto del *Arjé*: hallar aquello que es común en la diversidad que percibimos en el mundo. Hallar el Uno en lo Múltiple.

Como paso final por este amplio vestíbulo de entrada sobre la visión popperiana, hacemos un conjunto de anotaciones a determinados puntos específicos de la teoría de Popper. Algunas de tales anotaciones serán discusiones críticas sobre distintos aspectos de su teoría y otras serán llamadas de atención sobre asuntos clave para nuestra propia propuesta. Entre las primeras destacamos los

avances recientes en la teoría de la Biología evolutiva del desarrollo conocida como EVO-DEVO, avances que brindan una perspectiva más amplia para la teoría de la evolución biológica y, por ende, que tienen un impacto en la epistemología evolucionista tal como la concibió Popper. Entre las segundas, hacemos especial mención de los conceptos de *adaptación de largo plazo* (long-term adaptation) y *adaptación de corto plazo* (short-term adaptation) que desarrolló Popper en su libro *A world of propensities*, y que se convierten en conceptos clave para la argumentación que planteamos en defensa de nuestra primera tesis.

Finalmente, hacemos un resumen de los puntos de la teoría popperiana que nos sirven como pistas para construir el edificio conceptual que presentamos en este libro. Una de esas pistas relacionada con los mecanismos —preferimos llamarlos *procesos*— involucrados en la dinámica del desarrollo del conocimiento nos es dada no propiamente por Popper sino por otro epistemólogo evolucionista contemporáneo y amigo suyo, el estadounidense Donald Campbell (1916–1996). Esta pista se convirtió en elemento trascendental para la construcción de nuestro edificio.

En la segunda ala de nuestro vestíbulo, el capítulo 2 titulado “La dinámica del aprendizaje según Chris Argyris y Donald Schön”, primero haremos una descripción y luego un análisis de la teoría de estos dos pensadores en relación con el aprendizaje en las organizaciones humanas y, más específicamente, en las empresas de producción de bienes o servicios. Schön (1930–1997), filósofo estadounidense, trabajó por varios años el problema del aprendizaje humano y, especialmente, el aprendizaje que se da al ejercer la actividad profesional en las empresas. Con ello estructuró su teoría epistemológica de la actividad profesional práctica cuyos principios básicos mostramos aquí. Estos principios constituyen la plataforma sobre la que Schön y su colega Chris Argyris (1923–2013), también estadounidense, construyeron su teoría de la acción según la cual el conocimiento práctico está en la acción misma, surge de la reflexión en la acción.

Esta teoría, cuyo problema de partida es encontrar la respuesta a la pregunta de cómo una organización empresarial puede apren-

der, y cuyo postulado principal establece que las características generales de la deliberación racional en la ciencia son también las características de la deliberación en los asuntos de la vida práctica, también se constituye en el elemento central de esta segunda ala del vestíbulo de entrada al edificio conceptual que proponemos. Por eso, presentamos el esquema general que, según estos autores, describe la dinámica del aprendizaje en las organizaciones empresariales —el doble ciclo del aprendizaje empresarial—, y hacemos una comparación de este esquema con el esquema popperiano de desarrollo del conocimiento científico.

Concluimos el paso por esta segunda ala de nuestro vestíbulo con un análisis crítico de los elementos básicos que constituyen la teoría de la acción, análisis en el que contrastamos algunas ideas sobre el aprendizaje aportadas por Popper. En tal análisis crítico presentamos uno de los conceptos fundamentales en los que se basa nuestro edificio conceptual: el concepto de *Sistema cognoscente autónomo*. Con este concepto planteamos nuestra propia respuesta a la pregunta de la que parten Argyris y Schön: ¿qué tipo de entidad es una empresa que tiene la capacidad de aprender?

La respuesta a la anterior pregunta constituirá la estructura o estancia central de nuestro edificio conceptual, estancia que recorreremos en el capítulo 3 titulado “Reformulando el esquema tetrádico popperiano”. Este nombre se debe a que es precisamente en este capítulo en el que se presentan los argumentos y conceptos orientados hacia la defensa de nuestra primera tesis según la cual, si reinterpretemos el esquema tetrádico popperiano desde la perspectiva del doble ciclo del aprendizaje de Argyris y Schön, podemos brindar una mejor descripción de la dinámica del cambio en las especies biológicas. así como de la dinámica del desarrollo de la ciencia, problemas centrales en la epistemología evolucionista popperiana.

Esta descripción la plasmamos, al igual que Popper, en un esquema o modelo que hemos denominado, tal vez ambiciosamente,

mente, el *Ciclo de generación de valor*<sup>5</sup>. Decimos “ambiciosamente” porque es una perspectiva, nuestra propia perspectiva, sobre el problema del desarrollo del conocimiento, y que confiamos signifique un aporte para arrojar otra luz sobre este tipo de dinámicas de cambio.

En este sentido, podemos aplicar a nuestra propuesta las palabras con las que presentó Stephen Toulmin su propio modelo sobre el desarrollo evolutivo de las ciencias naturales:

La tarea será argumentar nuestro camino a un modelo provisional para analizar el proceso del desarrollo científico – un modelo, en el sentido de un patrón teórico que muestre las interrelaciones de diferentes conceptos y preguntas; pero un modelo meramente provisional, pues en esta ocasión solo podemos trabajar el problema en una aproximación de primer orden (o incluso de orden cero). Aun así, a pesar de lo crudo que puede ser este tratamiento inicial, podrá ser un logro que valga la pena [...] (“The evolutionary” 459)<sup>6</sup>.

Como punto de partida mostramos que los sistemas cognoscentes autónomos, previamente definidos, son sistemas darwinianos en el sentido que cumplen los postulados de la teoría de la evolución de Darwin. Procedemos luego a analizar el aporte del filósofo de la biología estadounidense David Hull quien propuso una serie de principios aplicables a los sistemas darwinianos y, en particular, a la evolución biológica, para lo cual desarrolló los

---

<sup>5</sup> La palabra valor es entendida aquí como incremento en la capacidad de un sistema cognoscente autónomo para permanecer en la existencia, y también para crear oportunidades que le permitan adaptarse mejor a su entorno.

<sup>6</sup> “The task will be to argue our way to a provisional model for analyzing the process of scientific development – a model, in the sense of a theoretical pattern showing the inter-relations of different concepts and questions; but a merely provisional one, since on this occasion we can deal with the problem only to a first-order (perhaps even a “zeroth-order”) approximation. Still, despite the crudity of this initial treatment, it will perhaps be a worthwhile achievement [...]”.

conceptos de *replicador* e *interactor*, más generales, según él, que los conceptos de gen, organismo y especie, ampliamente usados tanto en biología como en filosofía de la biología para explicar el cambio evolutivo.

En nuestra crítica al aporte de Hull, que consideramos también se queda corto para describir el cambio evolutivo, introducimos el concepto de *unidades de acción* responsables de ese proceso de cambio, dos de las cuales son aproximadamente las ya definidas por Hull<sup>7</sup>. Sin embargo, para superar las que a nuestro parecer son falencias de la perspectiva hulliana, introducimos una tercera unidad de acción que es aquella en cuya estructura se produce y se plasma el cambio debido al aprendizaje. Para terminar, mostramos cómo se aplican los conceptos definidos al proceso del cambio evolutivo de las especies biológicas.

Con estos elementos estamos preparados para plantear nuestra reformulación al esquema tetrádico popperiano de desarrollo del conocimiento según lo expresado en nuestra primera tesis. Para ello distinguimos dos ámbitos de cambio en un sistema cognoscente autónomo: cambio por *Asimilación cognoscitiva* y cambio por *Reestructuración cognoscitiva*. Argumentamos que el primero se da como resultado de la dinámica del ciclo simple de aprendizaje de Argyris y Schön, y el segundo por la dinámica del ciclo doble. Con estos conceptos definidos podemos representar el doble ciclo del aprendizaje de Argyris y Schön como una versión sofisticada del esquema tetrádico popperiano. Es sofisticada en el sentido de que nos permite describir mejor la dinámica que se da en los procesos de cambio y, por tanto, de aprendizaje, en un sistema cognoscente autónomo.

En esta reformulación tuvimos la necesidad de definir, según entendemos, otros conceptos importantes como *Información* y *Conocimiento*. Pero vamos más allá e incorporamos al esquema anterior las unidades de acción previamente definidas con base

---

<sup>7</sup> Decimos “aproximadamente” porque, de todas formas, introducimos algunas variantes a estos conceptos planteados por Hull.

en el aporte de David Hull. Logramos con esto interrelacionar, y ese es nuestro aporte, distintos conceptos en un patrón que refleja la dinámica del desarrollo del conocimiento propia de un sistema cognoscente autónomo. Ese patrón es el que hemos bautizado como Ciclo de generación de valor y que ejemplificamos, inicialmente, en el proceso de la evolución de las especies biológicas.

Abandonamos entonces esa estancia central, ese piso base de nuestro edificio conceptual y subimos a otro piso construido sobre aquel para visitar una nueva estancia. Esta nueva estancia se presenta en el capítulo 4 y consiste en mostrar, desde lo previamente definido, cómo aprenden las organizaciones humanas. Para ello mostramos que estas organizaciones son, con toda propiedad, sistemas cognoscentes autónomos. Analizamos de manera crítica el aporte de varios pensadores del cambio organizacional y de la economía evolucionista y, de este análisis crítico, planteamos y defendemos la tesis —una tesis auxiliar<sup>8</sup>— de que los comportamientos de una organización humana, en su interacción con el entorno, se concretan en las estrategias de acción que despliega tal organización. Con estos elementos, identificamos las unidades de acción propias de la dinámica de cambio de una organización humana y las comparamos con las respectivas unidades de acción ya identificadas en el proceso de evolución biológica, para así mostrar claramente la analogía entre ambos sistemas cognoscentes.

Como punto final de nuestro tránsito por esta estancia, representamos, en un esquema, el patrón propio de cambio en las organizaciones humanas bajo la dinámica del Ciclo de generación de valor. Con ello consideramos defendida la segunda tesis propuesta en este libro. Mostramos, además, que estas organizaciones pueden generar de manera consciente la dinámica del doble ciclo del aprendizaje y, con ello, que también se diferencian de la dinámica análoga en el ciclo de la evolución biológica pues, en el caso de las organizaciones humanas, sí se puede dar un acople entre los procesos de variación y de selección de las variantes; es decir, pueden

<sup>8</sup> Es esta una tesis auxiliar ya que apoya a la segunda de las dos tesis fundamentales que planteamos en este libro.

generarse variantes con mayor posibilidad de ser seleccionadas en la interacción con el entorno. Por tanto, la variación no es ciega —y esto parece ser una característica de la evolución cultural—, como en el caso de la evolución biológica. Las organizaciones humanas pueden aprender a aprender y aquí el concepto de *simulación* es elemento clave para entender este proceso.

Pero resulta que tenemos en ese segundo piso de nuestro edificio conceptual otra estancia paralela a la anterior. En ella podemos observar cómo el esquema tetrádico popperiano replanteado puede aplicarse para interpretar el desarrollo de la ciencia; uno de los proyectos intelectuales, y tal vez el principal, de nuestro maestro de juego Karl Popper. Procedemos aquí de forma completamente similar al caso anterior. Para explorar esta otra estancia de nuestro edificio, construida con la guía del filósofo de la ciencia británico Stephen Toulmin (1922–2009), debemos comprender sus conceptos de *Ecología intelectual* y de *poblaciones conceptuales*, así como los principios que él define como soportes de toda disciplina científica: los *principios disciplinares* y los *principios teóricos básicos*. Por eso, tales conceptos amueblan una primera parte de esta estancia y con su ayuda definimos nuestro concepto de Ecosistema intelectual de una disciplina científica.

Identificamos, además, que el concepto de *modelo intelectual* que Toulmin considera central en las disciplinas científicas corresponde a lo que hemos denominado como la *estructura cognoscitiva* de un sistema cognoscente autónomo. A partir de ello concluimos que, en la ciencia, las disciplinas científicas son empresas de conocimiento —empresas racionales como las llama Toulmin—, organizaciones humanas similares a aquellas de las que nos ocupamos en la primera estancia de este piso superior y que, por tanto, a ellas se aplican consideraciones argumentales parecidas para mostrar que tales empresas son sistemas cognoscentes autónomos. Además, en ellas el conocimiento se desarrolla bajo dos procesos distintos, pero complementarios, que podemos asimilar a lo que Popper llamó la fase dogmática y la fase crítica, y que nosotros identificamos

con los ciclos simple y doble respectivamente del *ciclo de generación* de valor que presentamos en este libro<sup>9</sup>.

Hacemos, además, una pequeña digresión con el objeto de mostrar que el ecosistema intelectual de una disciplina científica puede ser mirado desde la perspectiva de los tres mundos de Popper y, cómo desde esta perspectiva podemos entender la relación intercausal entre los distintos componentes de tal ecosistema intelectual; una relación propia de un sistema autopoietico según lo definen los biólogos chilenos Humberto Maturana (1928) y Francisco Varela (1946–2001) en su texto *De máquinas y seres vivos*.

Como parte final de nuestro recorrido por esta estancia mostramos que se puede reformular el esquema tetrádico popperiano teniendo en cuenta la dinámica del doble ciclo del aprendizaje y las relaciones intercausales entre las distintas unidades de acción identificadas en una disciplina científica. Hacemos, a manera de resumen, una comparación entre los elementos básicos que hemos definido para mostrar la dinámica evolutiva de una especie biológica y aquellos elementos análogos que soportan la dinámica del desarrollo del conocimiento científico.

Con esto consideramos que en nuestra investigación hemos jugado el juego del conocimiento de la mano de nuestros maestros de juego y, como resultado de ese juego, hemos construido el edificio conceptual que presentamos en este libro. Invitamos al lector a recorrerlo, explorarlo y contrastarlo en relación con sus propias perspectivas sobre estos asuntos.

---

<sup>9</sup> Toulmin alude a dos etapas diferenciadas en el desarrollo de una disciplina científica. Una etapa en la que los científicos se ocupan de casos de rutina propios de la tradición de la disciplina y otra etapa en la que la misma tradición se ve sometida a crítica, y en la que los científicos se enfrentan a situaciones que ponen en entredicho tal tradición. Él llama a tales situaciones “casos nebulosos” porque son problemas y situaciones en las que las reglas de juego no están establecidas.

## Capítulo 1

# La visión popperiana sobre el desarrollo del conocimiento

En relación con el problema filosófico de cómo se desarrolla el conocimiento y, específicamente, el conocimiento científico, el gran referente ha sido Karl Popper. Otros pensadores como Donald Campbell, Stephen Toulmin, Michael Ruse (1940), David Hull y Franz Wuketits (1955) han hecho también contribuciones importantes a la discusión. Este debate sobre el crecimiento del conocimiento se ha venido enriqueciendo con aportes provenientes de un dominio disciplinar aparentemente lejano como la biología evolutiva, contribuyendo a estructurar el amplio campo de discusión que hoy se conoce como *Epistemología evolucionista* y que es, a su vez, parte importante de la actual filosofía de la ciencia.

A continuación, haremos un recorrido por la forma como se fue desarrollando el pensamiento de Popper en relación con el problema del crecimiento del conocimiento científico. Este contexto histórico permitirá entender la génesis y evolución de las ideas de Popper al respecto e identificar algunas pistas e hilos que harán parte del tejido conceptual de nuestra propuesta. Nuestro objetivo central aquí es entonces resaltar estas ideas de Popper que nos servirán para respaldar la argumentación sobre las tesis propuestas en este libro.

### 1.1 El punto de partida: la actitud crítica

Para entender el aporte de Popper y la forma como podemos, con nuestra argumentación, reformular este aporte, es conveniente describir el proceso intelectual que llevó al filósofo austriaco a construir su visión sobre la manera en que se desarrolla el conocimiento científico. En esta descripción haremos énfasis en el surgimiento de algunos de los elementos fundamentales que luego harían parte de su concepción filosófica sobre la ciencia, y también haremos énfasis en aquellos conceptos de Popper que se tomarán como puntos de apoyo para nuestro aporte. Procederemos como el detective que, a partir de una conjetura, va descubriendo poco a poco pistas orientadas a la construcción de un caso que muestre, de manera coherente, la pertinencia de tal conjetura. En nuestro caso particular, descubriendo en Popper algunas de las pistas que nos llevarán a mostrar la pertinencia de las tesis planteadas en este libro.

Desde muy joven, Popper estuvo en desacuerdo con la posición de algunos pensadores de la época de “[...] atribuir importancia a las palabras y su significado” (Popper, *Búsqueda* 27)<sup>10</sup>. No sabemos qué cruzaba por su mente en esa época y cuáles eran sus argumentos para estar en contra de tal posición; lo cierto es que la mantuvo el resto de su vida y, seguramente, lo que en esa época era una vaga intuición, fue madurando con el tiempo hasta constituir su teoría filosófica. Más tarde, escribiría Popper haciendo explícita esa intuición de juventud: “Nunca te permitas la inclinación de tomar en serio los problemas acerca de las palabras y sus significados. Lo que ha de tomarse en serio son las cuestiones de hecho y las aserciones sobre hechos: teorías e hipótesis; los problemas que resuelven y los problemas que plantean” (30).

Para cuando Popper tenía unos diecisiete años se vio fuertemente influido por el pensamiento marxista; pero reaccionó al

<sup>10</sup> El joven Popper, por esta época, conoció de la actividad y de las ideas defendidas por un grupo de discípulos del físico Ernst Mach que se auto-denominaba *Los monistas* y que posteriormente daría origen a la Sociedad Ernst Mach, precursora del *Círculo de Viena*.

ver la manera dogmática y acrítrica con la que tanto él como sus amigos aceptaban esa ideología, convirtiéndose en un crítico acérrimo de la misma. Es precisamente esta actitud crítica la que sería fundamental para el desarrollo de su posterior visión filosófica. En su autobiografía, Popper relata este cambio de actitud así:

El encuentro con el marxismo fue uno de los principales eventos de mi desarrollo intelectual. Me enseñó una serie de cosas que jamás he olvidado. Me reveló la sabiduría del dicho socrático: ‘Solo sé que no sé nada’. Hizo de mí un falibilista y me inculcó el valor de la modestia intelectual. Y me hizo más consciente de las diferencias entre pensar dogmático y pensar crítico (*Búsqueda* 58).

Esa diferencia entre el pensar dogmático y el pensar crítico sería parte esencial de su teoría del conocimiento científico. Aunque, tal vez la influencia más decisiva en el pensamiento del joven Popper se debió al físico Albert Einstein y a la actitud que él mostró con relación a su teoría general de la relatividad enunciada a finales de 1915. Luego de publicar esta teoría, Einstein concibió la realización de experiencias que permitieran contrastarla contra los hechos y, dado el caso, refutarla. Una de ellas fue la predicción del corrimiento hacia el rojo de las líneas del espectro de luz proveniente de un cuerpo muy masivo. Al respecto, escribió Einstein:

En todo caso, en los próximos años se alcanzará una decisión definitiva [sobre mi teoría]. Si el desplazamiento de las líneas espectrales hacia el rojo debido al potencial gravitacional no ocurre, entonces la Teoría General de la Relatividad no podrá sostenerse<sup>11</sup>. De otro lado, si se encuentra que la causa del desplazamiento de las líneas espectrales se debe al potencial gravitacional, entonces el estudio de tal desplazamiento nos dará información importante sobre la masa de los cuerpos celestes (135)<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> En un artículo de la revista NATURE, publicado en 1918, se da cuenta de la comprobación de esta predicción de la teoría de la relatividad general de Einstein (Witze).

<sup>12</sup> “At all events, a definite decision will be reached during the next few years. If the displacement of spectral lines towards the red by the

En ese mismo sentido y a raíz del eclipse total de Sol que se esperaba para 1919, Einstein propuso a los físicos comprobar mediante la observación otra de las predicciones de su teoría relacionada en este caso con la desviación de los rayos de luz al pasar por las proximidades de un cuerpo masivo como el Sol. Por eso, el físico inglés Sir Arthur Eddington (1882–1944) viajó a la isla del Príncipe en el oeste de África y allí, observando las estrellas cercanas al Sol durante el eclipse, comprobó no solo el hecho de la desviación, sino que también midió el valor de la misma que coincidió con el predicho por Einstein (Einstein 131).

Esta actitud de Einstein de proponer observaciones o experiencias críticas que pudieran refutar su teoría fue considerada por Popper como la verdadera actitud de un científico:

Esta, sentí, era la verdadera actitud científica. Una actitud completamente diferente de la actitud dogmática que busca constantemente encontrar ‘verificaciones’ para sus teorías favoritas. En consecuencia, llegué, hacia el final de 1919, a la conclusión de que la actitud científica era la actitud crítica, que no busca verificaciones sino, por el contrario, pruebas cruciales; pruebas que pudiesen refutar la teoría sometida a prueba, aunque tales pruebas nunca pudieran establecerla (Popper, *Unended Quest* 39)<sup>13</sup>.

Es interesante anotar que Einstein no solo propuso observaciones que pudiesen refutar sus teorías, sino que también propuso

---

gravitational potential does not exist, then the general theory of relativity will be untenable. On the other hand, if the cause of the displacement of spectral lines be definitely traced to the gravitational potential, then the study of this displacement will furnish us with important information as to the mass of the heavenly bodies”.

<sup>13</sup> “This, I felt, was the true scientific attitude. It was utterly different from the dogmatic attitude which constantly claimed to find “verifications” for its favourite theories. Thus I arrived, by the end of 1919, at the conclusion that the scientific attitude was the critical attitude, which did not look for verifications but for crucial tests; tests which could refute the theory tested, though they could never establish it”.

observaciones que pudiesen refutar las teorías de otros. Fue el caso de la *Paradoja EPR*<sup>14</sup>, que consistió en un experimento mental sobre el entrelazamiento cuántico entre partículas, y que buscaba probar que la teoría cuántica era incompleta. La evidencia empírica, hasta ahora, ha mostrado que la teoría cuántica resiste la contrastación propuesta por ese experimento mental de Einstein<sup>15</sup>. El padre de la Teoría de la Relatividad nunca aceptó la teoría cuántica y esto es paradójico en relación con su actitud científica, actitud que, en relación con la Teoría de la Relatividad tanto admiró Popper como se indica en la cita anterior del filósofo austriaco. La actitud científica no solo se reconoce en una persona por su capacidad para proponer contrastaciones fuertes que puedan refutar una teoría, sino también por su capacidad para salirse del marco de un paradigma y entender cuando la teoría falla y se hace necesario buscar un paradigma diferente sobre el cual construir una nueva teoría.

Todas esas experiencias dejaron en Popper una marca indeleble y lo llevaron a establecer, en nuestra interpretación, tres principios que fueron fundamentales para su posterior teoría filosófica:

1. No atribuir importancia a las palabras y su significado sino a los hechos y a las teorías que los explican, y a la forma en que estas teorías cambian y son reemplazadas por otras más abarcadoras.
2. Tener clara la diferencia entre el pensar dogmático y el pensar crítico.
3. Considerar que la verdadera actitud de un científico es la actitud de buscar constantemente, refutar –falsar– sus hipótesis y teorías en lugar de buscar su verificación.

---

<sup>14</sup> El nombre EPR deriva de los autores del experimento mental propuesto en 1935 por Einstein y dos de sus colaboradores: Boris Podolsky y Nathan Rosen.

<sup>15</sup> Para una descripción más amplia de este experimento mental y del fenómeno mecánico-cuántico respectivo, se puede consultar el libro *Entrelazamiento* del matemático estadounidense Amir Aczel.

Este último punto llevó a Popper, hacia 1920, a plantear una solución al problema de la demarcación entre ciencia y no ciencia<sup>16</sup>. Tal solución, sobre la que en ese entonces no hizo ninguna publicación, consistió en aceptar como científica una teoría solo si esta excluía o descartaba la ocurrencia de algunas situaciones o eventos. Es decir, la solución implicaba una contrastación negativa. Por ejemplo, si ocurre que un haz de luz proveniente de un cuerpo muy masivo, como una estrella, no presenta un desplazamiento del espectro de la estrella hacia el rojo, la teoría general de la relatividad queda falsada con relación a esa predicción.

En otros términos, una teoría puede ser contrastada positivamente el número de veces que se quiera, pero una sola contrastación negativa llevará a que sea falsada. Es decir, implicará la necesidad de una nueva teoría para la cual sea exitosa la contrastación que falseó la anterior. Teorías como el marxismo o algunas teorías psicológicas en boga a principios del siglo XX, con las que Popper tuvo bastante cercanía, sobre todo en su juventud, no posibilitaban esta contrastación negativa, por lo que las consideró como no científicas –o pseudociencias–. Incluso, la teoría de la evolución de Darwin fue incluida también en este grupo, aunque Popper luego se retractó en este caso particular<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> El filósofo inglés Stephen Toulmin considera que este criterio de demarcación popperiano no es adecuado pues solo es aplicable para la etapa en la que la disciplina científica tiene claros sus objetivos intelectuales y sus principios estratégicos –deberíamos decir *metafísicos*–. En la etapa que Toulmin enuncia la *nebulosidad intrínseca*, en la que tales objetivos y principios están siendo debatidos por la comunidad científica, el criterio popperiano de demarcación no es relevante (*La comprensión humana* 259).

<sup>17</sup> Popper consideró en *The Poverty of Historicism* que la Teoría de la Evolución de Darwin era una hipótesis histórica acerca de eventos singulares y, por tanto, nada tenía que ver la hipótesis darwiniana con leyes universales como debe ser el caso de toda ley científica (*cf.* 107). Al respecto, una crítica bastante dura a la posición de Popper la hizo el filósofo de la ciencia inglés Michael Ruse en su libro *Popper's Philosophy of Biology*.

Posteriormente, en el volumen III de su *Post Scriptum* –postscripts en inglés– Popper introdujo el concepto de *Programa metafísico de investigación* que entendió así:

En este volumen introduzco el término ‘programa metafísico de investigación’ para referirme al doble carácter de estas importantes teorías cosmológicas: su carácter programático, que a menudo da forma y determina el curso de la investigación y el desarrollo científico; y su (al menos en principio) carácter incontrastable y, por tanto, metafísico (*Quantum Theory* 31)<sup>18</sup>.

Las especulaciones cosmológicas como las que hace la física subatómica o las del darwinismo son, en este sentido, programas metafísicos de investigación pues sus conjeturas son de índole filosófica y, por tanto, no falsables; pero tienen el potencial de servir de marco a teorías científicas que pueden ser falsadas por la experiencia<sup>19</sup>.

## 1.2 Las fases popperianas en el proceso de aprendizaje

Como Popper relata en su autobiografía, fue en el período de 1922 a 1924 cuando logró bosquejar los fundamentos de su teoría del conocimiento, que tuvo una mejor concreción durante su trabajo posterior con el aprendizaje en niños. De esta experiencia

<sup>18</sup> “In this volumen I introduced the term ‘metaphysical research programme’ in order to refer to the twofold character of these important cosmological theories: their programmatic character, often shaping and determining the course of scientific research and development; and their (at any rate at first) untestable, and thus metaphysical, carácter”.

<sup>19</sup> Posteriormente, el filósofo húngaro Imre Lakatos (1922–1974), en una crítica al falsacionismo de Popper, extendió el concepto popperiano de programas metafísicos de investigación hacia su Metodología de los programas de investigación científica. La propuesta de Lakatos va en el sentido de no aplicar a las teorías científicas el falsacionismo instantáneo de Popper sino un falsacionismo más sofisticado, según el cual, una teoría continuaría vigente, aunque esté falsada según el criterio de Popper, en la medida en que sigue siendo útil y aplicable a los asuntos humanos (*The Methodology* 47).

con los procesos de aprendizaje fue que Popper llegó a uno de los postulados básicos de su teoría: “La mayoría (o quizás todos) los procesos de aprendizaje consisten en formación de teoría; esto es, en la formación de expectativas” (*Unended Quest* 47)<sup>20</sup>. Es esta nuestra primera pista: aprender consiste en crear expectativas. Y una expectativa es, en cierta forma, una teoría sobre el mundo.

Aquí reconoce Popper dos aspectos del proceso de aprendizaje que él llama “fases” y que, como veremos posteriormente, son una base muy importante de las propuestas de este libro —una segunda pista en nuestro proceso—: la fase dogmática, en la que para el sujeto se hace difícil, aunque no imposible, cualquier tipo de corrección sobre los principios que considera válidos; y la fase crítica, en la que el aprendiz desecha esos principios ante la fuerza de la evidencia que hace que las respectivas expectativas no se puedan mantener y, por tanto, busca otros principios que servirán para estructurar un nuevo dogma. Este proceso de aprendizaje o método de formación de teorías, como luego lo llamaría Popper, es su famoso método de *prueba y error* (*Unended Quest* 47).

Popper llegó posteriormente a la conclusión, también fundamental para respaldar nuestra argumentación —es decir, otra pista—, que la prueba que hace el aprendiz —entendamos por tal cualquier organismo que aprende— para encontrar una nueva teoría que genere mejores expectativas no es una prueba al azar, como dando palos de ciego. Dice Popper al respecto: “Los ensayos no siempre son completamente ciegos a las exigencias del problema: el problema mismo determina a menudo el rango a partir del cual se seleccionan los ensayos” (*Unended Quest* 49)<sup>21</sup>. Recordemos que un problema es la diferencia entre una expectativa que tenemos sobre el mundo y el comportamiento que ese mundo nos mues-

---

<sup>20</sup> “Most (or perhaps all) learning processes consist in theory formation; that is, in the formation of expectations”. Aquí el término “teoría” no se refiere precisamente a una teoría científica sino, en forma general, a un modelo que los seres vivos se hacen sobre su mundo.

<sup>21</sup> “Yet the trials are not always quite blind to the demands of the problem: the problem often determines the range from which the trials are selected”.

tra. Pero, además, como vimos, la expectativa es —o parte de— una teoría —un modelo— sobre el mundo y, por tanto, la teoría y el problema que surge de la no coincidencia entre aquella y el mundo acota los posibles ensayos o pruebas que hacemos sobre ese mundo. Cuando los físicos Albert Michelson y Edward Morley diseñaron en 1887 su experimento para probar la existencia del éter luminífero<sup>22</sup>, lo hicieron teniendo como marco la teoría electromagnética de Maxwell, así como la ley de adición de velocidades de la mecánica newtoniana.

En este aspecto Popper va en contra de la tesis de su amigo, el psicólogo Donald Campbell —tesis que expondremos más adelante—, quien, en un artículo escrito en coautoría con el filósofo estadounidense Mark Bickhard (1945), considera que los ensayos hechos por el organismo que aprende en esa interacción con su medio son necesariamente ciegos (Bickhard 252). Para Popper, en cambio, la capacidad de establecer el rango de los posibles ensayos —aquellos que producirán presumiblemente resultados satisfactorios— evita la ceguera total, y la creatividad consiste precisamente en la capacidad de *romper los límites* del rango de posibles ensayos asumido previamente de forma consciente o inconsciente. Ese rango de ensayos posibles es denominado por Popper como “conjetura profunda” (*Unended Quest* 49), y podríamos hacerlo equivaler, con reservas, al paradigma kuhniano. Es ese marco subyacente de pensamiento que canaliza nuestra forma de ver el mundo y nuestras acciones subsecuentes.

Este esquema popperiano del proceso de aprendizaje en dos tiempos, que él nunca hizo explícito mediante un gráfico, es una cooperación entre la fase dogmática y la fase crítica. En esta cooperación es claro que: “[...] no puede haber una fase crítica sin una fase dogmática previa, una fase en la que algo —una expectativa, una regularidad de comportamiento— esté establecido, de tal manera que la eliminación del error pueda actuar sobre ello”

---

<sup>22</sup> El problema fue que la teoría electromagnética de Maxwell suponía la existencia del éter. Toda ella descansaba sobre este supuesto, aunque no existiera una evidencia de tal existencia.

(*Unended Quest* 54)<sup>23</sup>. Y esto lleva a que no pueda existir percepción pura –datos puros de la experiencia– como afirmaban los empiristas –la *Tabula rasa* de Hume–. Solo puede haber percepción en el contexto de intereses y expectativas, o, en otras palabras, en el contexto de unas regularidades o leyes previamente establecidas, pues, como sostiene Popper, toda observación está *viciada* o cargada de teoría. Es decir, todo dato se convierte en información en la medida en que se presenta en un contexto determinado.

Ocurre además que pueden darse observaciones que, en apariencia, contradicen las predicciones de una teoría aceptada. Un caso famoso, citado por Popper, es el de las irregularidades detectadas en la órbita del planeta Urano. De acuerdo con las observaciones, la órbita de este planeta no se ajustaba a lo que indicaban las ecuaciones de Newton, lo que podría llevar a pensar en la falsación de la teoría newtoniana. Aquí Popper introduce un concepto interesante, el de *inmunizar* una teoría (*Unended Quest* 43). Es decir, que antes de desechar o falsar una teoría porque no parezca corresponder con los hechos, se deben postular hipótesis auxiliares que exploren otras posibilidades. En este caso los astrónomos John Couch Adams en Inglaterra y Urbain Le Verrier en Francia, de manera independiente, propusieron la hipótesis de la existencia de un planeta con una órbita exterior que alteraba la órbita de Urano haciendo que esta se comportase de la forma percibida. El posterior descubrimiento de Neptuno corroboró tal hipótesis y la teoría quedó a salvo de ser falsada temporalmente. Esta inmunización tiene entonces que ver con fenómenos no observados que afectan los fenómenos ya observados, pero también con imprecisiones en las medidas, defectos en los aparatos de medición o sesgos en la calibración. Este concepto de inmunizar una teoría es importante porque nos evita apresurarnos a descartarla sin antes mirar otras causas distintas por las que la teoría parece no avenirse a los hechos.

<sup>23</sup> “[...] there can be no critical phase without a preceding dogmatic phase, a phase in which something –an expectation, a regularity of behavior- is formed, so that error elimination can begin to work on it”

Finalmente, concluye Popper que “[...] algún grado de dogmatismo puede ser fructífero aún en la ciencia” (*Unended Quest* 43)<sup>24</sup>. El dogmatismo –la tradición– permite ver primero los problemas como “enigmas” a resolver, en el sentido kuhniano; solo después que se ha intentado infructuosamente la solución, podemos considerar el enigma como una “anomalía”, también en el sentido kuhniano, y pensar en refutar la teoría<sup>25</sup>. Todo esto nos lleva a concluir que el criterio de falsación no puede aplicarse como un instrumento de *muerte súbita* para las teorías y, en cambio, sugiere la construcción de un concepto de falsación más complejo. Este nuevo concepto de falsación fue propuesto por Imre Lakatos y es tratado con amplitud en su libro *Historia de la ciencia y sus construcciones racionales*, por lo que no nos interesa profundizarlo aquí.

### 1.3 Popper y el Círculo de Viena

Hacia 1926 Popper ya tenía claro su pensamiento sobre la falsación como método de demarcación entre ciencia y pseudociencia y sobre lo erróneo del método inductivo como definidor de tal criterio, y llegó a la conclusión de que la inducción como método de la ciencia debe ser reemplazada por el método de ensayo y eliminación de errores, el “toma y dame” entre pensamiento dogmático y pensamiento crítico que él bautizó como *contrastación deductiva de teorías*. Este método de aprendizaje es el que, según Popper, siguen todos los organismos desde la ameba hasta Einstein<sup>26</sup>.

Con su obra y pensamiento, Popper se convirtió desde muy temprano en su trasegar filosófico en un crítico de la filosofía del

<sup>24</sup> “[...] some degree of dogmatism is fruitful, even in science”.

<sup>25</sup> Aquí, estas fases en el desarrollo de la ciencia son equiparables a los tipos de ciencia definidos por Kuhn como ciencia normal y ciencia revolucionaria. Los enigmas necesitan hipótesis auxiliares para ser resueltos y, en cambio, las anomalías llevan a reconsiderar la teoría como un todo.

<sup>26</sup> “[...] the alleged inductive method of science had to be replaced by the method of (dogmatic) trial and (critical) error elimination, which was the mode of discovery of all organisms from the amoeba to Einstein” (*Unended Quest* 56).

Círculo de Viena, sobre todo en lo que respecta a la teoría del conocimiento de carácter empirista –el *positivismo lógico*– que sus miembros defendían, y, particularmente, de la aceptación del inductivismo como fuente del conocimiento y de su concepción verificacionista de teorías<sup>27</sup>. A pesar de su posición crítica, algunos miembros del Círculo lo animaron a publicar sus ideas, y fue así como salió a la luz su primer libro *Logik der Forschung* en 1934<sup>28</sup>, centrado en los problemas de la inducción como método de la ciencia y de la demarcación mediante el criterio de la falsación. En este libro fustigó las posiciones epistemológicas sostenidas por el Círculo de Viena e hizo explícitas sus primeras ideas sobre la manera como progresa la ciencia y sobre lo que constituye el conocimiento científico.

De todas formas, consideramos que la crítica racional sistemática popperiana, que busca la contrastación de las teorías científicas mediante la argumentación, es una actitud que comparte con la actitud filosófica del Círculo de Viena y, en general, de la Filosofía Analítica, de que toda discusión filosófica debe basarse en un dar y pedir razones sobre lo que se afirma o se conjetura. En ello, según nuestro filósofo, radica la verdadera racionalidad<sup>29</sup>.

Popper definió además cuatro formas en las que puede ser contrastada una teoría científica (*cf.* *La lógica* 32):

1. Contrastación de la coherencia interna mediante la comparación lógica de las conclusiones de la teoría unas con otras.

---

<sup>27</sup> No obstante, el filósofo analítico alemán Hans-Johann Glock, en su libro *¿Qué es la Filosofía Analítica?*, considera que Popper no está tan alejado de las líneas de pensamiento del Círculo de Viena y lo sitúa en los márgenes del mismo junto a Bolzano, Whitehead y el segundo Wittgenstein (35).

<sup>28</sup> Traducido en 1959 al inglés con el título *The logic of scientific discovery* y al castellano como *La lógica de la investigación científica*.

<sup>29</sup> El juego de dar y pedir razones, que juegan los seres humanos en el lenguaje, lo trabaja con amplitud el filósofo analítico estadounidense Robert Brandom en su libro *Making it explicit* (*cf.* 183).

2. Estudio de la forma lógica de la teoría. ¿Es esta una teoría empírica, es decir, científica, o es una teoría tautológica? –como pensó Popper en un principio que era la teoría de la evolución de Darwin–.
3. Comparación de la teoría con otras teorías existentes para ver si representa un adelanto científico real.
4. Contrastación de la teoría contra los hechos. Es decir, ¿las conclusiones de la teoría resisten las pruebas empíricas a las que es sometida?

Estas cuatro formas estipulan el alcance de la crítica racional sistemática con la cual se eliminan los errores que surgen de las tentativas de solución que proponen los científicos para explicar los fenómenos del mundo. Es interesante aquí llamar la atención sobre el hecho de que el proceso de contrastación propuesto por Popper se aplica exclusivamente a las ciencias fácticas. En las ciencias formales, las teorías solo deben defender su coherencia lógica, es decir, la consistencia interna entre sus axiomas y postulados.

Sin embargo, el caso de la geometría euclidiana presenta un asunto interesante. Desde Euclides se consideró, sin más, que la geometría en la que se encuadraba nuestro mundo era la geometría euclidiana. Esta asunción, que surge naturalmente de nuestras intuiciones sobre el mundo, incluso está en la misma raíz de la teoría newtoniana y de la visión kantiana. Karl Friedrich Gauss (1777–1855), el gran matemático alemán, fue uno de los proponentes de una alternativa a Euclides: una geometría hiperbólica en la cual los ángulos internos de un triángulo suman menos de 180 grados<sup>30</sup>. Pero Gauss fue más allá y se preguntó si la geometría de nuestro universo era realmente la euclidiana o podría ser otra. Vemos aquí cómo dos teorías formales distintas pueden entrar a competir para ser contrastadas en la experiencia. Gauss trató de medir los ángulos internos de un triángulo gigantesco trazado

---

<sup>30</sup> Otros matemáticos que propusieron ese tipo de geometría en forma independiente fueron el ruso Nikolai Lobachevski y el húngaro János Bolyai.

sobre la Tierra, pero la imprecisión de los instrumentos con que contaba no le permitió llegar a una conclusión (Scholz 683)<sup>31</sup>.

Al final de su *Lógica*, Popper define lo que es para él la meta de la ciencia y con ello da indicios de lo que posteriormente será su esquema tetrádico de progreso del conocimiento basado en su método propuesto de ensayo y eliminación de errores:

La ciencia nunca persigue la ilusoria meta de que sus respuestas sean definitivas, ni siquiera probables; antes bien, su avance se encamina hacia una finalidad infinita –y, sin embargo, alcanzable–: la de descubrir incesantemente problemas nuevos, más profundos y más generales, y de sujetar nuestras respuestas (siempre provisionales) a contrastaciones constantemente renovadas y cada vez más rigurosas (*La lógica* 262).

#### 1.4 Selección natural de hipótesis. La epistemología evolucionista

Estudioso de la teoría de la selección natural, Popper empieza a considerar la analogía entre el desarrollo del conocimiento científico y la evolución de las especies y observa el proceso de ensayo y error como un proceso darwiniano en el que las hipótesis y teorías científicas se ven sometidas a una selección similar a la darwiniana. Ya en *The logic of scientific discovery* decía Popper lo siguiente:

Escogemos la teoría que se mejor se mantiene en competencia con otras teorías; la que, por selección natural, se muestra como la más adaptada para sobrevivir. Esta es la que no solo se ha mantenido incólume bajo las pruebas más severas, sino que también es la que permite ser probada de la manera más rigurosa (91)<sup>32</sup>.

<sup>31</sup> Algunos historiadores de la ciencia consideran que este experimento de Gauss se orientó solo a la realización de trabajos de geodesia y no a la medición de la curvatura del universo.

<sup>32</sup> “We choose the theory which best holds its own in competition with other theories; the one which, by natural selection, proves itself the fittest to survive. This will be the one which not only has hitherto stood up to the severest tests, but the one which is also testable in the most rigorous way”.

Sin embargo, es en el artículo *Evolution and the tree of knowledge*, basado en la conferencia pronunciada en Oxford en octubre de 1961 en honor de Herbert Spencer y que luego fue publicado como capítulo 7 del libro *Objective Knowledge*, donde Popper trata con mayor profundidad esta analogía. En la traducción al castellano, publicada por la Editorial Tecnos, leemos lo siguiente:

Podemos decir todo esto señalando que el aumento de nuestro conocimiento es el resultado de un proceso muy similar a lo que Darwin llamaba “selección natural”; es decir, la selección natural de hipótesis: nuestro conocimiento consta en todo momento de aquellas hipótesis que han mostrado su aptitud (comparativa), habiendo sobrevivido hasta el momento actual en su lucha por la existencia; lucha competitiva que elimina aquellas hipótesis inadecuadas (*Conocimiento objetivo* 240).

Mientras que en el mundo de los seres vivos la selección actúa sobre los organismos eliminando a aquellos que sostienen hipótesis inadecuadas –hipótesis o teorías encarnadas en el individuo–, en la ciencia esta selección es llevada a cabo por la crítica consciente, racional y sistemática de la comunidad científica mediante la cual se eliminan las hipótesis o teorías que no soporten los procesos de contrastación, en lugar de eliminar a sus proponentes.

Popper empieza pues a bosquejar su epistemología evolucionista, pero no solo hace eso, sino que también pretende arrojar luz sobre algunas de las cuestiones de la teoría de la evolución de Darwin, entre las que se destaca el problema de la evolución de órganos complejos como el ojo que solo puede darse, según los darwinistas, mediante pequeñas mutaciones ciegas. Sin embargo, no es nuestro objetivo aquí discutir sobre las hipótesis de Popper en relación con la teoría de la evolución biológica, sino más bien centrarnos en su visión sobre el crecimiento del conocimiento científico; es decir sobre su epistemología evolucionista que es donde nuestras tesis pretenden reformular sus planteamientos.

## 1.5 El principal problema de la Epistemología

Si bien, como ya expresamos, Popper consideró en su primera obra de 1934, *Logik der Forschung*, y luego en la ampliación de esta en su traducción al inglés *The Logic of Scientific Discovery* que los problemas fundamentales de la epistemología eran el de la demarcación y el de la inducción, es en su libro de 1963, *Conjectures and Refutations*, donde nuestro filósofo da un giro y considera que el verdadero problema fundamental es el del crecimiento del conocimiento y, en particular, del conocimiento científico. Es allí, en el capítulo 10 titulado “La verdad, la racionalidad y el Desarrollo del Conocimiento”, donde explicita con la mayor profundidad su teoría epistemológica. Parte de aceptar que el mundo existe independiente de nuestro interés en conocerlo; sin embargo, sostiene que podemos aproximarnos gradualmente al conocimiento de ese mundo mediante la estructuración de teorías científicas cada vez mejores.

El proceso para lograr teorías mejores de manera progresiva es el del ensayo y supresión de errores; de conjeturas y refutaciones<sup>33</sup>. Pero aquí aparece un asunto espinoso: el problema de la verdad. ¿Nos es dado alcanzar la verdad sobre el mundo? Popper responde que nunca alcanzaremos esa verdad o que, si por alguna razón llegásemos a alcanzarla, no tendríamos ningún medio para saber que estamos en posesión de ella. Para dar un rodeo a este nudo, Popper se inventa el concepto de *verosimilitud* como medida del acercamiento de una teoría a la verdad (*Conjeturas* 286). Aquí la palabra “teoría” se refiere exclusivamente a teorías de las ciencias fácticas; en las ciencias formales, como la matemática o la lógica, se da la certeza y, por ende, no existe la necesidad del concepto de verosimilitud.

En las ciencias fácticas el conocimiento logrado tiende, digámoslo así, *asintóticamente* a la verdad, aunque nunca la alcance.

<sup>33</sup> En el capítulo 15 de *Conjeturas y refutaciones* titulado “¿Qué es la Dialéctica?”, Popper hace una descripción muy clara y completa de su método de ensayo y error indicando que es una manera de llevar a cabo el método científico (376). Sin embargo, aún allí no utiliza esquema alguno para ilustrar su descripción textual.

Por eso, Popper cree en la verdad objetiva, por lo que se llama a sí mismo un realista científico. Para él, una teoría es más verosímil que otra si se acerca más o es más semejante a la verdad, y así entiende por *Contenido de verdad* (CV) todas las consecuencias lógicas de la teoría que han mostrado ser verdaderas hasta ese momento en su contrastación con el mundo, y por *Contenido de falsedad* (CF) todas aquellas consecuencias lógicas de la teoría que han mostrado ser falsas. Una teoría  $t_1$  será más verosímil que otra  $t_2$  si ocurre que:

$$[CV(t_1) > CV(t_2)] \text{ y } [CF(t_1) \leq CF(t_2)]^{34}$$

De acuerdo con la expresión anterior, la teoría  $t_1$  “se acerca más a la verdad” que la teoría  $t_2$ . La verdadera actitud científica es aquella que busca proponer teorías y criticarlas racionalmente para encontrar la teoría que más se acerque a la verdad. Una teoría que se acerque más a la verdad es una teoría que, en palabras de Popper, *se corresponde mejor con los hechos*, aunque, si no está falsada sabemos que algún día lo estará. Esta noción de verdad como correspondencia con los hechos inicialmente representó para Popper un problema difícil de tratar. Él mismo afirma que: “Aunque aceptaba como casi todo el mundo la teoría objetiva, absoluta o de la correspondencia acerca de la verdad –la verdad como correspondencia con los hechos– prefería evitar la cuestión. Pues me parecía inútil tratar de comprender claramente esta idea extrañamente esquiva de una correspondencia entre un enunciado y un hecho” (*Conjeturas* 273). La solución a esta dificultad le llegó

<sup>34</sup> Popper define otros dos conceptos de contenido de una teoría: el *Contenido lógico* de una teoría como el conjunto de todas las consecuencias que se desprenden lógicamente de la teoría, y el *Contenido empírico* como todas las consecuencias de la teoría, expresadas en lo que él llama *enunciados básicos*, que pueden llevar a falsar la teoría. Si “a” es un enunciado que se desprende lógicamente de la teoría, la negación de “a” contradiría la teoría. Si la Teoría de la relatividad general de Einstein postula que un rayo de luz se curva al pasar cerca de un cuerpo masivo, el enunciado básico “Un rayo de luz no se curva al pasar cerca de un cuerpo masivo” contradiría la teoría y, por lo tanto, sería un enunciado falsador de la misma.

a Popper de la mano del lógico polaco Alfred Tarski (1902–1983) quien enunció una teoría en ese sentido.

En relación con lo anterior, consideramos que la palabra “correspondencia” puede dar lugar a equívocos en la interpretación, por lo que no debe ser tomada en el sentido de que el enunciado o la teoría reflejan completa y fielmente lo que el fenómeno o el hecho son –recordemos que Popper es antiesencialista–. Si fuese así, entonces la teoría no sería un mejor acercamiento a la verdad objetiva, sino que sería idéntica a tal verdad, y esto no es lo que Popper quiere expresar. Él mismo afirma al respecto lo siguiente:

La ciencia no tiene nada que ver con la búsqueda de la certeza, de la probabilidad o de la confiabilidad. No nos interesa establecer que las teorías científicas son seguras, ciertas o probables. Conscientes de nuestra falibilidad, solo nos interesa criticarlas y testarlas, con la esperanza de descubrir en qué estamos equivocados, de aprender de nuestros errores y, si tenemos suerte, de lograr teorías mejores (*Conjeturas* 280).

Sin embargo, una discusión sobre el problema de la verdad está fuera del alcance de nuestro trabajo, por lo que dejaremos el asunto en este punto. De todas formas, estamos de acuerdo con Popper en que es necesario distinguir entre dos problemas relativos al conocimiento: un problema se refiere a su génesis y a su historia y el otro se refiere a “[...] su verdad, validez y justificación” (*Conocimiento objetivo* 71). Por tal motivo, en este libro nos centramos en el primero de tales problemas y dejaremos el segundo como conocimiento de fondo –*background knowledge*–.

Como hemos mostrado, el problema del conocimiento para Popper es el problema de cómo descubrir ese mundo real que habitamos: “Nuestras teorías son invenciones nuestras; pero pueden ser suposiciones mal razonadas, conjeturas audaces, hipótesis. A partir de ellas creamos un mundo: no el mundo real, sino nuestras propias redes en las cuales tratamos de atrapar ese mundo

real” (*Unended Quest* 65)<sup>35</sup>. Pero ese “descubrir”, ese “atrapar”, no equivale a descubrir la “cosa en sí” kantiana; equivale más bien a acercarse cada vez más a lo real, de una manera asintótica, aunque nunca se logre la total correspondencia. También podríamos decir, siguiendo a Popper, que equivale a aumentar el contenido de información de nuestras teorías buscando que el contenido lógico tienda a ser igual al contenido empírico<sup>36</sup>. En relación con esta posición antiesencialista de Popper, el filósofo y sociólogo escocés David Bloor (1942) anota que: “En lo que se refiere a la ciencia, los objetos y procesos del mundo no tienen esencias fijas que pueden ser atrapadas de una vez por todas. Por lo tanto, la ciencia no es solo un debate crítico, es un debate sin final” (56)<sup>37</sup>.

En la construcción de esas redes, el principal reto para los científicos no es solo proponer teorías, es proponer teorías interesantes, teorías con un alto contenido de información. Para ello, Popper plantea tres requisitos, el primero de los cuales es que “[...] la nueva teoría debe partir de una idea simple, nueva, poderosa y unificadora acerca de alguna conexión o relación entre cosas o hechos o nuevas ‘entidades teóricas’ hasta ahora inconexas” (*Conjeturas* 294). El segundo requisito es que la teoría sea contrastable independientemente, no solo debe poder explicar todos los hechos que explicaba una teoría anterior, sino que también predecir la ocurrencia de hechos o fenómenos no observados aún y que la

<sup>35</sup> “Our theories are our inventions; but they may be merely ill-reasoned guesses, bold conjectures, hypotheses. Out of these we create a world: not the real world, but our own nets in which we try to catch the real world”.

<sup>36</sup> El contenido de información de una teoría equivale a su grado de improbabilidad o también, a su grado de refutabilidad. Una teoría que plantea conjeturas altamente improbables a la luz del conocimiento aceptado es una teoría con un alto contenido informativo. Es el caso, por ejemplo, de la teoría cuántica y su conjetura de los universos paralelos. Aquí la información se asimila al grado de sorpresa en el contenido de un mensaje (Montenegro 199).

<sup>37</sup> “As far as science is concerned, the objects and processes of the world have no fixed essence which can be grasped once and for all. Thus science [for Popper] is not only a critical struggle, it is an unending one”.

anterior teoría no consideraba. El tercer requisito dice que la teoría debe salir con éxito de nuevas y severas pruebas. Si los dos anteriores eran requisitos formales, este tercero es, como dice Popper, “[...] un requisito de éxito empírico” (296). Lo interesante aquí es que el tercer requisito está orientado a la verificación (Popper prefiere hablar de “comprobación” para evitar asociaciones con el concepto de verificación de los positivistas lógicos) en lugar de la falsación, “[...] la ciencia se estancaría y perdería su carácter empírico, si no lográramos obtener verificaciones de nuevas predicciones” (297). Este éxito en la contrastación empírica es lo que le da fuerza y sustento a una teoría; incrementa su contenido empírico.

La teoría general de la relatividad de Einstein, por ejemplo, cumple con suficiencia estos tres requisitos. Todas las conjeturas de esta teoría que han sido sometidas a prueba experimental han salido airosas. La última de ellas en ser contrastada exitosamente fue la de la existencia de ondas gravitacionales en el tejido del espacio-tiempo. Para lograr esta verificación, la tecnología tuvo que esperar cien años luego de publicada la teoría hasta obtener instrumentos con el grado de precisión necesario<sup>38</sup>.

No queremos terminar este apartado sin hacer una alusión a la importancia del factor tiempo implícito en la teoría popperiana del desarrollo del conocimiento. El mismo concepto de desarrollo implica un antes y un después. La ciencia es, entonces, una actividad eminentemente histórica que se refleja en la expresión que hemos ya utilizado de *acercamiento asintótico* a la verdad objetiva. Este factor temporal es importante en el replanteamiento que propondremos del esquema popperiano de crecimiento del conocimiento pues la ciencia no consta de estructuras axiomáticas estables e invariables, sino que es un fenómeno vital, un proceso de aprendizaje y, por ende, crece y se complejiza. Sus estructuras conceptuales son, en cierta medida, estructuras vivientes, un reflejo de la actividad vital humana.

<sup>38</sup> Para una relación de este experimento con la teoría de Einstein se puede consultar el número de marzo de 2016 de la revista *LIGO Magazine* (Del Pozzo 28).

## 1.6 Punto de llegada: la evolución biológica como proceso de aprendizaje

Es en el artículo “Sobre nubes y relojes” basado en una conferencia que dio en 1965, en la Universidad de Washington, en honor del físico estadounidense Arthur Compton<sup>39</sup>, donde Popper sienta las bases de su epistemología evolucionista orientada a interpretar el desarrollo del conocimiento científico como un proceso selectivo, similar al proceso de la evolución biológica de las especies en el cual se presenta la competencia entre teorías y la selección de las teorías mejores<sup>40</sup>. Pero Popper va más lejos y considera que el mismo proceso evolutivo es un proceso de aprendizaje y, basado en su esquema de ensayo y supresión de errores, plantea los principios de su propia teoría de la evolución: “Suponemos [como aceptable] aquí la teoría neodarwinista de la evolución, aunque se reformula señalando que sus ‘mutaciones’ pueden interpretarse como gambitos de ensayo y error más o menos accidentales y la ‘selección natural’, como un modo de controlarlos mediante la supresión de errores” (*Conocimiento objetivo* 224).

Para su propuesta, Popper parte del concepto de Control plástico como un punto intermedio entre lo que es totalmente fortuito o aleatorio o sin control –que compara con el mundo indeterminado de las nubes–, y lo que se fundamenta en un control totalmente férreo, impositivo –que compara con el mundo completamente determinado de los relojes–. En el control plástico se combinan la libertad y el control. Cuando emergen funciones superiores en un sistema, Popper dice que esas funciones superiores ejercen un control plástico, no férreo, sobre las inferiores. Lo ilustra citando como ejemplo la aparición de las funciones superiores del lenguaje –función descriptiva y función argumenta-

<sup>39</sup> Este artículo fue publicado luego como el capítulo 6 del libro *Conocimiento objetivo*.

<sup>40</sup> Esta orientación de la epistemología evolucionista se denomina *Epistemología evolucionista de teorías* (EET) para diferenciarla de otra visión denominada *Epistemología evolucionista de mecanismos cognoscitivos* (EEM) (Macía 185).

dora— a partir de las funciones inferiores —función sintomática o expresiva y función señalizadora—<sup>41</sup>. Aquellas ejercen un control plástico sobre estas, pero no las anulan, y, en cambio, tales funciones superiores reciben una retroalimentación desde las funciones inferiores.

La teoría evolucionista de Popper trata entonces “[...] la evolución como un sistema de controles plásticos en desarrollo” y a “[...] los organismos como elementos que incorporan, o, en el caso del hombre, desarrollan exosomáticamente, un sistema jerárquico de controles plásticos” (*Conocimiento objetivo* 224). Reformula Popper la teoría neodarwiniana indicando que la selección natural ejerce un control plástico suprimiendo los organismos —ensayos— que no se adecúan a su ambiente. Plantea entonces doce tesis para su teoría de la evolución que pueden resumirse así:

1. Los organismos —y los *phyla*— se enfrentan constantemente a la resolución de problemas.
2. Estos son problemas en sentido objetivo.
3. La solución de estos problemas procede por ensayo y error. Se aventuran prototipos para su prueba.
4. La eliminación de los errores equivale a la eliminación de los prototipos no exitosos —de los ensayos que fallan—.
5. Cada organismo individual incorpora los controles plásticos desarrollados a lo largo de la evolución de su *phylum*. Esta tesis la toma Popper de la Teoría de la recapitulación de Ernst Haeckel.
6. El organismo es la punta de flecha de su *Phylum*. Tanto el organismo individual como sus comportamientos son ensayos que se pueden eliminar mediante la supresión de errores. Entiende aquí Popper por “punta de flecha” que el organismo que, en el presente, está enfrentándose con su ambiente, es el último de la serie histórica de organismos

<sup>41</sup> Aquí se basa Popper en la teoría de las funciones del lenguaje debida a su maestro Karl Bühler que describe con algún detalle en el artículo “Epistemología sin sujeto cognoscente”, publicado como capítulo 3 de su libro *Conocimiento objetivo*.

de su *phylum* y, por tanto, es el ensayo actual que el *phylum* presenta ante el medio.

7. El proceso evolutivo fundamental de ensayo y supresión de errores se puede ilustrar mediante el esquema:  $P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$  donde, en forma general,  $P_i$  es un problema, TS es la solución tentativa o ensayo, y EE es la eliminación de errores. Este proceso se aplica no solo al desarrollo de la ciencia, sino que también es, según Popper, el proceso macro que rige la evolución biológica. “Este método de teorización audaz, aventurada, seguida por la exposición a pruebas severas es el método de la vida misma a medida que evoluciona a formas superiores: es el método de ensayo y de exposición a contrastación y eliminación de los errores mediante esa contrastación” (*A world 7*)<sup>42</sup>.
8. Los ensayos TS pueden ser múltiples, es decir, puede haber un abanico de tentativas de solución  $TS_j$ .
9. Para el caso de la evolución biológica, el problema P es el de la supervivencia. Las soluciones tentativas TS son las diferentes variaciones o mutaciones y el medio ambiente, mediante la selección natural, es el mecanismo de eliminación de errores EE. Una tentativa de solución no exitosa equivale a la muerte del organismo.
10. La solución de un problema de supervivencia  $P_1$  puede llevar a la creación de un nuevo tipo de problema de supervivencia  $P_2$  que necesita ser resuelto en un siguiente ciclo de la espiral.
11. Como los nuevos problemas surgen de manera natural en el proceso evolutivo, la teoría explica entonces la denominada evolución creadora o emergente. A medida que emergen nuevas funciones solucionadoras de problemas, tales funciones ejercen controles plásticos sobre las funciones previas y reciben retroalimentación de estas.
12. El esquema propuesto permite el desarrollo de controles para eliminar errores sin que tenga que morir el organismo —órganos de alerta, etc.—.

<sup>42</sup> “This method of bold, adventurous theorizing, followed by exposure to severe testing is the method of life itself as it evolves to higher forms: it is the method of trials and of the exposure and elimination of errors through tests”.

En resumen, la teoría evolucionista propuesta por Popper como una variante de la teoría darwiniana afirma que todo organismo es un sistema jerárquico de controles plásticos en el cual los subsistemas producen ensayos que el sistema apropia, elimina o restringe (*cf.* Popper, *Conocimiento objetivo* 226).

Hagamos aquí una pequeña digresión para discutir el concepto de *Control plástico*. En los sistemas<sup>43</sup>, ya sea físicos, biológicos, sociales o conceptuales –una teoría es un sistema conceptual–, se da siempre una estructura jerárquica<sup>44</sup>. Tal estructura jerárquica se concreta en una serie de niveles –al menos dos– y cada nivel tiene propiedades que no aparecen en los demás niveles. Adicionalmente, los niveles superiores influyen, aunque no determinan, el comportamiento de los elementos que los constituyen –niveles inferiores– y, por otro lado, se basan en las leyes o reglas que rigen en tales niveles inferiores. Esa influencia de los niveles superiores sobre los inferiores es a lo que Popper llama *Control plástico*<sup>45</sup>. El filósofo húngaro Michael Polanyi, en su artículo “Life’s irreducible structure” pone como ejemplo de este tipo de interacción entre niveles el de un mensaje escrito o hablado en lenguaje natural:

---

<sup>43</sup> Entendemos por sistema toda entidad compuesta de partes que interactúan y que, como resultado de tal interacción, emerge un límite entre la entidad y el medio circundante, y también emerge un comportamiento con el cual la entidad se relaciona con ese medio. Ese comportamiento es la manera con la que el sistema interactúa con su medio. Si tal comportamiento no está determinado por ese medio –no hay instrucción del medio sobre el sistema– diremos que el sistema es autónomo.

<sup>44</sup> Para una ampliación de esta propiedad de los sistemas puede consultarse el libro *Teoría general de los sistemas* del biólogo y filósofo austriaco Ludwig von Bertalanffy.

<sup>45</sup> Este control plástico simula una causa. Popper toma este concepto de Donald Campbell quien denomina *Causación descendente* –*Downward Causation*– a esta acción que ejerce un nivel dado sobre otro inmediatamente inferior en los sistemas biológicos que son organizados jerárquicamente (Campbell, *Downward* 180).

Las fronteras en todo proceso comunicacional forman una jerarquía completa de niveles consecutivos de acción. Un vocabulario fija las condiciones de frontera sobre la palabra hablada; la gramática utiliza las palabras para formar frases, y las frases se organizan en texto el cual transmite el mensaje (1308)<sup>46</sup>.

El control plástico es un juego entre texto y contexto –utilizamos estas denominaciones para tomar no solo el sentido figurado sino el sentido literal que se indica en la cita de Polanyi–. Las reglas de la gramática son un claro ejemplo de control plástico, pues no determinan las palabras que forman las frases, pero sí dan el sentido que no pueden dar estas de manera aislada. Incluso, así dos frases estén constituidas por las mismas palabras, la distinta entonación puede darles un significado muy distinto. Por ejemplo, “¡Cómo!, ¿amaneció?”, “¿Cómo amaneció?” y “Como amaneció” son tres frases que, a pesar de constar de las mismas palabras y en el mismo orden, tienen significados completamente distintos<sup>47</sup>.

La vida, igual que los procesos comunicacionales, también se caracteriza por estructurar sistemas al interior de sistemas, y en cada frontera entre dos niveles consecutivos se establecen interacciones de control plástico en el sentido descendente y de condicionamiento estructural en el sentido ascendente. Polanyi afirma que las condiciones de frontera son siempre extrañas a los procesos que ellas delimitan (“Life’s irreducible” 1309). La estructura de una máquina no puede ser definida en función de los principios fisicoquímicos que le sirven de soporte, así como las leyes de la gramática no pueden definirse en términos de las reglas para formar palabras ni el significado de un texto queda determinado por las letras que lo conforman. De igual manera, la estructura y com-

---

<sup>46</sup> “[The communication] boundaries form a whole hierarchy of consecutive levels of action. A vocabulary sets boundary conditions on the utterance of the spoken voice; a grammar harnesses words to form sentences, and the sentences are shaped into a text which conveys a communication”.

<sup>47</sup> Ludwig Wittgenstein, en sus *Investigaciones filosóficas*, explora esas diferencias en el sentido de una frase dependiendo del tono en el que son pronunciadas (13).

portamiento de un organismo vivo son extraños a las leyes físico-químicas en las que se basan. Esto implica que las propiedades de un nivel dado no pueden reducirse a las propiedades de los niveles inferiores. El reduccionismo no es una manera válida de entender el funcionamiento de los sistemas.

Este concepto de *Control plástico*, o Causación descendente, nos será muy útil para apoyar algunas tesis auxiliares a las dos tesis principales de este libro y que expondremos más adelante. Este concepto se constituye en otra pista para construir nuestro caso y, con ello, mostrar cómo puede reformularse el pensamiento popperiano.

### 1.7 El proceso tetrádico popperiano

Terminando con la digresión, es en la exposición de sus tesis sobre la evolución biológica donde Popper plantea, por primera vez, el esquema de su proceso tetrádico de desarrollo del conocimiento sobre el que tanto había escrito. Nos referimos a la cadena expresada en su séptima tesis:

$$P_1 \rightarrow ST \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

**Figura 1.1.** El proceso tetrádico de desarrollo del conocimiento

Este esquema muestra claramente la afirmación popperiana de que el conocimiento progresa pasando de viejos a nuevos problemas (*cf.* Popper, *Conocimiento objetivo* 238). Un problema puede interpretarse como la diferencia entre una expectativa sobre una situación y la constatación del hecho de esa situación. Solucionar el problema consiste en conjeturar propuestas tentativas y seleccionar aquella que mejor se corresponda con el hecho.

Aquí, la eliminación de errores (EE) equivale al proceso de contrastación de las teorías mediante la crítica racional sistemática llevada a cabo por la comunidad científica y que se realiza en las cuatro formas descritas con anterioridad en este libro. Este proceso de contrastación puede llevar a la mejora de la teoría –se amplía su poder

explicativo o predictivo– o al enfrentamiento de varias teorías rivales que tratan de explicar los mismos fenómenos y a la selección de la mejor entre ellas: la que supere mejor ese proceso de contrastación.

Esto último implica que, ante un mismo problema, pueden ofrecerse distintas tentativas de solución, postulándose distintas teorías que entran a competir como indica Popper en su octava tesis. La historia de la ciencia nos da numerosos ejemplos de esta situación; el problema de determinar la naturaleza de la luz ondulatoria o corpuscular fue uno de los más famosos. El holandés Christian Huygens (1629–1695) propuso en su libro *Tratado de la luz (Traité de la lumière)*, publicado en 1690, que la luz se comporta como una onda, y desarrolló una teoría ondulatoria de la luz que expuso en el mismo libro. Por su parte, Isaac Newton (1643–1727), imbuido en su paradigma mecanicista que concebía todo como cuerpos físicos sometidos a fuerzas, desarrolló una teoría corpuscular de la luz en su libro *Óptica* publicado en 1704. Ambas teorías fueron unas tentativas de solución al problema de la naturaleza de la luz –las TS en el esquema popperiano–. Solo la contrastación mediante una crítica racional, llevada a cabo por la comunidad científica –EE en el esquema–, podría decidir cuál de las dos teorías se correspondía mejor con los hechos.

Esa contrastación vino más de cien años después, en 1817, cuando la Academia Real de Ciencias de Francia puso como reto a los científicos el desarrollo de un modelo teórico que explicara la difracción de la luz que no había podido ser explicada por la teoría corpuscular. El ingeniero francés Augustin Fresnel (1788–1827) asumió el reto y presentó su modelo ondulatorio. Este modelo fue sometido a la contrastación experimental por los tres más famosos físicos y matemáticos newtonianos franceses: Pierre Simón Laplace (1749–1827), Simeón Denis Poisson (1781–1840) y Jean Baptiste Biot (1774–1862). El modelo pasó las pruebas a las que fue sometido por lo que se impuso sobre su competidor, el modelo de Newton, que fue eliminado en este proceso de contrastación<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> Unos años antes, durante la primera década del siglo XIX, el inglés Thomas Young realizó el experimento denominado *de la doble rendija* con el cual

Continuando con el ejemplo, desde la perspectiva del esquema tetrádico, resultó que, a partir de la tentativa de solución (TS) propuesta por Fresnel y aceptada por la comunidad científica, surgió un nuevo problema. Si el problema de descubrir la naturaleza -corpuscular u ondulatoria- de la luz lo asimilamos a  $P_1$  en el esquema de la figura 1.1., este nuevo problema lo asimilaremos a  $P_2$ . El óptico alemán Josef von Fraunhofer descubrió, en 1814, unas líneas oscuras en el espectro del Sol. Nadie pudo explicar, dentro del marco de la teoría ondulatoria, por qué aparecían tales líneas. La ciencia tuvo que esperar al advenimiento de la teoría de la Mecánica cuántica para resolver ese problema<sup>49</sup>. La Mecánica cuántica abrió, a su vez, muchos otros problemas nuevos, uno de los cuales es el que el físico danés Niels Bohr (1885–1962) llamó *Principio de complementariedad* relacionado con el fenómeno de la dualidad onda-partícula. Este es un problema de la física aún abierto y los científicos tienen la esperanza de que una futura teoría lo pueda resolver. Vemos clara la dinámica de desarrollo del conocimiento científico de acuerdo con el esquema tetrádico popperiano: la ciencia se mueve constantemente de viejos a nuevos problemas.

En el libro *El cuerpo y la mente* publicado originalmente en inglés, en 1994, con el título *Knowledge and the body-mind problem. In defence of interaction* y posteriormente publicado en castellano en 1997, Popper plantea un nuevo esquema, una variante de su esquema tetrádico, descrita en la octava de sus doce tesis sobre la teoría de la evolución (“Los ensayos TS pueden ser múltiples, es decir, puede haber un abanico de tentativas de solución  $TS_{i,n}$ ”),

mostró que la teoría ondulatoria de Huygens explicaba mejor el comportamiento de la luz en los fenómenos de interferencia que la teoría corpuscular de Newton. Los newtonianos ingleses no aceptaron que se pusiera en entredicho la autoridad del maestro y el caso fue olvidado. Para una información histórica más detallada de esta pugna entre dos teorías en competencia puede consultarse el excelente libro de John Gribbin (*cf* 331).

<sup>49</sup> La teoría electromagnética de James Clerk Maxwell, publicada en 1873, si bien amplió el alcance de la teoría ondulatoria de Huygens y Fresnel, uniendo electricidad y magnetismo bajo un mismo marco teórico, siguió sin explicar este fenómeno.

en la que introduce un elemento adicional que él llama *Discusión crítica de evaluación* (DCE) (*cf*: 43). Veamos ese esquema para entender el concepto:

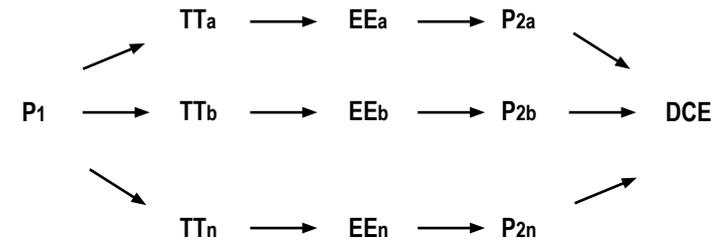


Figura 1.2. El proceso tetrádico ampliado

La discusión crítica de evaluación es el proceso mediante el cual, según anota Popper, la comunidad científica decide “[...] cuáles de las teorías rivales  $[TS_i]$  son lo suficientemente buenas para sobrevivir y cuáles deberán ser suprimidas por completo” (*El cuerpo* 43). Consideramos que esta ampliación propuesta por Popper no es necesaria, pues el proceso de *eliminación de errores* es la manera como la comunidad científica descarta las teorías que se aproximan en menor medida a la verdad dada por los procesos de contrastación. Si miramos el esquema popperiano como un ciclo, veremos que queda mejor representada la dinámica de desarrollo del conocimiento que Popper pretende describir dando precisamente la importancia a este proceso de eliminación de errores<sup>50</sup>. Este ciclo se muestra en la figura 1.3.

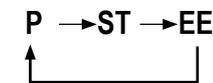


Figura 1.3. El proceso tetrádico mirado como un ciclo

<sup>50</sup> De hecho, algunos teóricos del aprendizaje llaman a este proceso “los ciclos de Popper” –The Popper Cycles– (Ever 176).

La eliminación del error (EE) involucra todo proceso de contrastación en el que se considera no solo el mejoramiento de una teoría existente para hacerla más potente desde el punto de vista descriptivo, explicativo o predictivo, sino también la selección de la mejor teoría entre varias teorías rivales, la que tenga un mayor grado de verosimilitud. Este proceso de contrastación lo lleva a cabo, en ambos casos, la comunidad científica –que incluye al autor o autores de la teoría– mediante debates sobre la pertinencia científica y la coherencia lógica de las teorías consideradas, y mediante pruebas experimentales sobre la correspondencia de tales teorías con los hechos.

La teoría newtoniana de la mecánica y la gravitación, que durante los siglos XVIII y XIX no tuvo rivales, fue mejorada notablemente con los aportes de físicos y matemáticos como Laplace, Lagrange y D’Alembert para que reflejara, de forma más precisa, las observaciones. Sin embargo, siguiendo el ciclo de la figura 1.3., la mecánica newtoniana abrió nuevos problemas que no pudieron ser resueltos dentro de la teoría; entre ellos, el problema del venerable principio de relatividad de Galileo y el problema de la acción a distancia que no se cumplen en los fenómenos electromagnéticos, así como el problema de la precesión del equinoccio de la órbita del planeta Mercurio que no se acomodaba a las predicciones newtonianas. Para obviar estas dificultades, la Mecánica de Newton fue reemplazada por la Teoría general de la relatividad de Einstein que sí pudo explicar tales fenómenos explicando además todos los demás fenómenos que la teoría newtoniana ya explicaba con lo que, ateniéndonos a Popper, la teoría einsteniana tiene mayor grado de verosimilitud que la de Newton.

De todos modos, esto no implicó que la teoría newtoniana quedara eliminada. Se usa como una excelente aproximación para describir, explicar y predecir fenómenos a bajas velocidades y pequeñas distancias. Por ejemplo, el envío de artefactos y naves a los planetas cercanos por parte de las potencias aeroespaciales se calcula usando la mecánica newtoniana. La selección estricta popperiana no se da tal cual en la comunidad que desarrolla y usa la ciencia; una teoría puede sobrevivir y continuar siendo útil, bajo ciertas condiciones, aun cuando haya sido falsada y superada por otra teoría mejor.

Por otro lado, si somos rigurosos, deberíamos decir que el esquema tetrádico representa no un proceso cíclico sino un proceso espiral, ya que el nuevo problema –o el nuevo conjunto de problemas– es diferente al anterior. Cada giro, de viejo a nuevo problema, es un nuevo paso de la espiral. Este esquema en espiral denota mejor ese acercamiento a la verdad, ese incremento en el grado de verosimilitud.

Queremos terminar esta exploración del viaje intelectual de Karl Popper con algunas ideas que presentó en uno de sus últimos trabajos titulado “Toward an evolutionary theory of knowledge”, publicado en 1995, un año después de su muerte, en el libro *A world of propensities* y que se basa en la conferencia que pronunció en junio de 1989 en la London School of Economics. En este trabajo, Popper afirma –y en este libro compartimos este punto de vista– que la similitud entre las dinámicas de desarrollo del conocimiento en la ciencia y de la evolución de las especies en biología se presenta porque no son dinámicas análogas sino homólogas<sup>51</sup>. Es decir, ambas son dinámicas solucionadoras de problemas surgidos a partir de expectativas conscientes o inconscientes no cumplidas. Aquí recalca Popper su posición realista, su aceptación de la existencia de una realidad externa, objetiva: “La verdad es objetiva: es la correspondencia con los hechos” (*A world* 33)<sup>52</sup>. El hecho de que un animal, y en general un organismo vivo o una población biológica permanezcan en la existencia, se debe a que han resuelto exitosamente los problemas que les plantea el medio. A eso se refiere Popper con la expresión “Correspondencia con los hechos”. En cierta forma, la verdad es lo que ha sido útil. En igual sentido, una teoría es aceptada por la comunidad de una disciplina científica si resuelve exitosamente los problemas planteados por la observación y la ex-

<sup>51</sup> Para dar un ejemplo de la diferencia entre analogía y homología podemos decir que las extremidades superiores de los pájaros (las alas) son homólogas con las extremidades superiores de los humanos (ambas tienen un mismo origen evolutivo, aunque se adecuaron a distintos fines); en cambio, las alas de los pájaros son análogas a las alas de los murciélagos (evolucionaron independientemente para el mismo fin).

<sup>52</sup> “Truth is objective: it is correspondence to the facts”.

perimentación; es decir, si al ser contrastada contra los hechos, los explica satisfactoriamente.

## 1.8 Anotaciones a Popper

### 1.8.1 Sobre el concepto de correspondencia

Como la palabra “correspondencia” puede dar lugar a malas interpretaciones, nosotros preferimos hablar de *coherencia* en el sentido que el organismo o la especie manifiesta una estructura y un comportamiento consistentes –coherentes– con su medio<sup>53</sup>. Entonces, ¿por qué consideramos que la expresión “correspondencia” puede dar lugar a malentendidos y se hace necesario clarificar? La correspondencia supone el concepto de *ajuste*. El organismo se ajusta a las condiciones que le dicta el medio. Este ajuste es lo que se conoce como *adaptación* que, en biología es análoga al *representacionismo* de las ciencias cognitivas<sup>54</sup>. Según el representacionismo, el sujeto se hace una imagen, una representación del objeto y es esa representación la que considera el conocimiento del objeto. El objeto, en cierta manera, se impone al sujeto que se convierte en un receptor

---

<sup>53</sup> Esta coherencia con el medio, que podríamos apellidar “externa”, se identifica con el concepto de *acople estructural* debido a los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela. Según este concepto, tanto un sistema como su entorno coordinan sus conductas a través de su historia de interacciones. En tal acople, ambos, sistema y medio, sufren transformaciones. Sin embargo, en los organismos biológicos las perturbaciones que el medio produce sobre el organismo no determinan los cambios estructurales en el mismo, sino que solo los influyen. No existe la instrucción. Esta propiedad de los organismos biológicos –y de todo sistema autopoietico– de que su identidad y los cambios que sufre no está especificada por factores externos sino solo por la red de procesos y componentes internos, es denominada por estos autores como *Clausura operacional* (Maturana y Varela, *De máquinas* 59).

<sup>54</sup> Para una discusión amplia sobre la analogía entre adaptacionismo y representacionismo se puede consultar el artículo “Haciendo camino al andar” del biólogo Francisco Varela publicado en *GAIA. Implicaciones de la nueva biología* (Varela 47–62).

pasivo. Algo cambia en el sujeto en el proceso del conocer, pero el objeto permanece invariable, no se afecta en ese proceso.

De igual manera, en el proceso de adaptación, el organismo se amolda a las condiciones del entorno, siendo este el que se impone y aquel el que se ajusta a esa imposición. La correspondencia implica pues, tanto en el adaptacionismo como en el representacionismo, una visión netamente externalista e instruccionalista que no compartimos. La instrucción implica, en biología, que los cambios en el organismo son disparados directamente por el medio y el organismo los sufre pasivamente. La teoría lamarckiana de la evolución, por ejemplo, es una teoría externalista que acepta la instrucción del medio directamente sobre el organismo sometido a la acción de ese medio; este es una especie de *causación próxima* del cambio. La teoría darwinista, por el contrario, considera que la variación es ciega en el sentido de que no se da el cambio en la dirección que facilite la posterior selección. Por lo tanto, la variación y la selección están desacopladas. No existe la instrucción por parte del medio sobre la población de organismos.

Sin embargo, el hecho de que estas poblaciones se acoplen estructuralmente y de forma gradual a las condiciones del ambiente puede interpretarse como que el darwinismo acepta una especie de *causación lejana* del cambio<sup>55</sup>. En el caso de la ciencia, según Popper, la variación es parcialmente ciega; no están completamente desacopladas la variación y la selección, pues como dijimos antes, el problema mismo acota el rango de las posibles soluciones (*Unended Quest* 49).

Popper considera la *coherencia interna* de las teorías como equivalente a la consistencia lógica entre las proposiciones que la conforman, asunto en el que concordamos con él. En cuanto a la relación de las teorías con el mundo, consideramos que, en lugar de hablar de una correspondencia con los hechos, como hace Popper, deberíamos hablar de una *coherencia externa* entre la teoría y la parcela del mundo que tal teoría pretende explicar. La coherencia es más

---

<sup>55</sup> Más adelante, en estas consideraciones que estamos haciendo sobre Popper, trabajaremos con más detalle los conceptos de causación próxima y causación lejana.

completa cuando, siguiendo a Popper, el grado de verosimilitud de la teoría es mayor. Resumiendo, una teoría debe mostrar coherencia interna –consistencia lógica– y coherencia externa –alto grado de verosimilitud– para ser aceptada por la comunidad científica.

Pese a lo anterior, y debido a que el término *adaptación* es de un uso universal y aceptado en biología, vamos a seguirlo utilizando en este libro, pero con una connotación distinta. Para ello tomaremos la definición del paleontólogo estadounidense, experto en evolución, Stephen Jay Gould (1941–2002): “El cambio [en las poblaciones biológicas] debe surgir, por lo tanto, de la interacción entre las influencias (bióticas y abióticas) del entorno y la materia prima equipotencial suministrada por la variación, y el resultado primario del ajuste gradual entre uno y otro debe ser la adaptación” (182). La adaptación aquí entonces es entendida en el mismo sentido que dimos a la palabra coherencia entre organismo y medio.

Para ello uno podría preguntarse entonces, ¿cómo es posible que el medio se ajuste en esa interacción? La evidencia empírica muestra que las poblaciones de seres vivos de un determinado hábitat se mantienen en una danza constante de ajuste de unas con otras; en este sentido se dice que las distintas especies relacionadas coevolucionan. Ejemplo de ello son el colibrí pico de hoz de cola canela –*Eutoxeres condamini*– y la flor de la campanulácea *Centropogon*, cuya forma coincide con el pico del colibrí como si fueran una cerradura y su llave; estas especies se ajustaron finamente una respecto de la otra a través de un lento proceso evolutivo de acople estructural. Pero también las poblaciones biológicas pueden afectar el entorno abiótico, como es el caso de las cianobacterias y las plantas que mantienen la composición de gases de nuestra atmósfera en su actual estado de equilibrio<sup>56</sup>; de no darse esa influencia, nuestra atmósfera sería completamente distinta<sup>57</sup>.

<sup>56</sup> Para una amplia discusión sobre cómo se mantiene este equilibrio en la atmósfera de la Tierra puede consultarse el libro *GAIA. Una nueva visión de la vida sobre la Tierra* del químico británico James Lovelock.

<sup>57</sup> Una de las maneras con la que se espera detectar vida en planetas de otras estrellas o exoplanetas es la de analizar sus atmósferas para descubrir

### 1.8.2 Sobre la naturaleza de la variación en la evolución biológica.

Popper fue, en su madurez, un darwinista convencido. En el darwinismo, como ya dijimos, el principio fundamental de la variación es la no instrucción. Este principio, definido por el biólogo Francis Crick como *dogma central de la biología molecular* (561), y que fue enunciado inicialmente en 1893 por el biólogo alemán August Weismann (1834–1914) en su libro *The germ-plasm. A theory of heredity*, establece que la información en los organismos vivos solo puede transferirse del ácido nucleico hacia las proteínas y no al contrario. Es decir, que el medio no afecta la información codificada en los genes (*cf.* 462). Es por ello que dicho principio se conoce como *la barrera de Weismann*.

¿Cómo explicar entonces el hecho de que un organismo parece adaptarse a las condiciones de su medio ambiente? Popper, como enemigo de la inducción en la ciencia, es también enemigo de la instrucción en biología. Considera que el hallazgo fundamental de Darwin fue mostrar que la selección natural simula a un diseñador y, por tanto, simula la instrucción. Es decir, Darwin reemplazó las explicaciones teleológicas por explicaciones causales. El método de la biología consiste entonces, en principio, en mostrar que tales explicaciones causales son lógicamente posibles. Aplicando esta visión a la teoría del desarrollo del conocimiento, dice Popper que el aprendizaje sobre el mundo es evocativo y no instructivo. El medio nos lanza un desafío, evoca nuestras respuestas –conjeturas o expectativas–, pero no las obliga ni las determina; y por tanto aprendemos, no por inducción –instrucción–, sino por contrastación deductiva, como la llama Popper, mediante la supresión de nuestras conjeturas que muestren ser estériles (nuestros errores). De todas formas, esta evocación, esta contrastación deductiva, simula una instrucción: pareciera como si obtuviéramos nuestras teorías partiendo de la observación y procediendo por inducción (Popper, *Conocimiento objetivo* 246).

equilibrios de compuestos gaseosos, solo posibles debido a la actividad de sistemas vivos.

De esta manera, el Lamarckismo, que sustenta la instrucción como forma de aprendizaje o de adaptación evolutiva, es simulado por el darwinismo<sup>58</sup>. Este concepto de simulación lo había expuesto ya el filósofo estadounidense James Mark Baldwin (1861-1934) en un artículo publicado en 1896 en la revista *American naturalist*, titulado “A new factor in evolution”, en lo que se conoce como el *Efecto Baldwin*, según el cual, el comportamiento sostenido de los organismos de una especie puede provocar la evolución anatómica que haga más fácil ese comportamiento<sup>59</sup>. Popper precisamente cita y defiende esta interpretación de Baldwin en su texto *Conocimiento objetivo* (246).

Sin embargo, los más recientes desarrollos en biología teórica han llevado a la estructuración de una rama de la biología evolutiva denominada *Biología evolutiva del desarrollo*, más conocida como EVO-DEVO. Según el filósofo español Tomás García, el principio fundamental de la EVO-DEVO establece que: “[...] la evolución ocurre a través de cambios heredables en el desarrollo del organismo que se manifiestan generalmente como cambios en la expresión genética del desarrollo orgánico [y no solo] como cambios en las frecuencias de los genes” (120)<sup>60</sup>. De acuerdo con

<sup>58</sup> Es importante anotar aquí, haciéndole algo de justicia a Lamarck, que él considera, según el análisis que hace el paleontólogo Stephen Jay Gould, dos causas del cambio evolutivo: la adaptación gradual al entorno local debida a la influencia causal del entorno –instrucción–, y una causa eficiente y universal de tendencia a la complejificación creciente –la gran cadena del ser– que es inherente a la misma naturaleza de los organismos. La segunda, la causa primaria del cambio, es una fuerza ascendente por la escalera del progreso y de la cual el hombre es la cima. La primera, la causa secundaria, es una fuerza lateral que produce desviaciones adaptativas determinadas por el entorno (Gould 215).

<sup>59</sup> Para un análisis detallado del Efecto Baldwin puede consultarse el artículo “The Baldwin Effect” del biólogo estadounidense George Gaylord Simpson (1902–1984).

<sup>60</sup> La EVO-DEVO trata de armonizar dos visiones sobre la evolución de los seres vivos consideradas como opuestas. La visión de la síntesis darwiniana es una visión netamente externalista: es el ambiente el que determina

esto, la EVO-DEVO defiende una visión contextualista: es la interacción entre texto y contexto la que posibilita que una variación se convierta en un cambio efectivo. “Los cambios evolutivos son cambios en la expresión genética que dependen de la interacción dinámica con el contexto” (120). Estos cambios pueden volverse hereditarios al ser seleccionados en el proceso evolutivo.

Un importante campo de estudio dentro de la EVO-DEVO es el de la *epigenética*, definida de manera sencilla como “[...] Todo aquello que afecta la expresión fenotípica de la información genética en un individuo” (Jablonka y Lamb 80)<sup>61</sup>. Eso implica que la epigenética estudia la manera en la que factores en el interior de la célula o en el medio ambiente extracelular afectan la dinámica del desarrollo ontogénico que depende de la diversidad en la expresión genética y que tiene como objeto la producción del fenotipo del individuo. Un ejemplo es la producción de diferentes fenotipos en un panal de abejas: abejas reina, soldado, obreras y cuidadoras, dependiendo de la nutrición que se brinde a las larvas.

Aquí está la complejidad de la variación, su doble naturaleza: la variación genética y la variación epigenética. La primera, que se traduce como cambio en la distribución de frecuencia de los genes de una población, producto de la evolución de la especie –causa lejana, única causa de variación reconocida por el neodarwinismo–, y la segunda que se traduce como cambio en la expresión de los genes producto de las dinámicas del desarrollo ontogénico del individuo –causa cercana–. Sin embargo, la variación epigenética puede

el cambio. La visión de la biología del desarrollo, por su parte, hace de la epigenesis la fuerza fundamental en la ontogenia de los organismos y es, por tanto, una visión eminentemente internalista: si bien el ambiente influye, es la estructura interna del organismo la que determina la posibilidad y naturaleza de los cambios. Sobre el debate que históricamente ha suscitado esta dicotomía entre internalismo y externalismo, que en biología se convierte en la dicotomía estructuralismo-seleccionismo, puede consultarse la tesis de doctorado en filosofía de Tomás García.

<sup>61</sup> “Everything that leads to the phenotypic expression of the genetic information in an individual”.

afectar el proceso evolutivo pues se pueden introducir cambios en el desarrollo que pasan a ser hereditarios. Esto nos lleva a que el ambiente, actuando directamente sobre el desarrollo del individuo, puede ser instructivo: “Si el desarrollo incide en la herencia y en la evolución, implica que la evolución también considera procesos instructivos” (Jablonka y Lamb 94)<sup>62</sup>. Darwin sacó a Lamarck por la puerta pero él parece que volvió a entrar por la ventana. “[La variación epigenética influencia] el sitio y la naturaleza de los cambios genéticos y con ello afecta la evolución” (94)<sup>63</sup>. Esto quiere decir que para que los cambios inducidos epigenéticamente sean heredables, tienen que afectar la línea germinal. La forma de afectar la línea germinal puede darse a través de procesos como el ya comentado efecto Baldwin. De todas maneras, el cambio fenotípico –producto de la selección– y la variación genética están desacoplados como habíamos indicado previamente. Esta doble naturaleza de la variación se constituye en una pista más en nuestra indagación.

A pesar de lo anterior, démosle un crédito a Popper para lo cual planteamos la siguiente tesis auxiliar<sup>64</sup>:

*Tesis auxiliar N° 1: el concepto popperiano de causación descendente complementado con su teoría de las propensiones permite entender cómo los procesos de desarrollo canalizan las variaciones posibles a nivel biológico –tal como afirma la teoría de la EVO-DEVO– de igual manera a como el Mundo 3, en su interacción con el Mundo 2, canaliza las conjeturas posibles en el desarrollo de la ciencia.*

Para mostrar por qué puede sostenerse esta tesis partamos del concepto de causación descendente que tomó Popper de Do-

<sup>62</sup> “If development impinges on heredity and evolution, then there are some instructive processes in evolution too”.

<sup>63</sup> “the site and nature of genetic changes and affect evolution in this way”.

<sup>64</sup> Esta tesis es una tesis que denominamos *auxiliar* pues servirá para apoyar la argumentación sobre las tesis fundamentales de este libro. Como tendremos otras tesis auxiliares más adelante en este trabajo, a esta tesis la denominaremos “Tesis auxiliar N° 1” para distinguirla de cualquier tesis auxiliar posterior.

nald Campbell y de la noción de *propensiones* que desarrolla este filósofo en el libro *A world of propensities*. Campbell define, de forma resumida, la causación descendente como: “[En un sistema jerárquico] todos los procesos propios de los niveles inferiores de la jerarquía están condicionados por y actúan de conformidad con las leyes de los niveles superiores” (“Downward causation” 180)<sup>65</sup>. Este concepto campbelliano de causación descendente lo denominó inicialmente Popper en su artículo “Sobre nubes y relojes” como *control plástico*. Como ya anotamos antes, en el control plástico se combinan la libertad y el control. Cuando emergen funciones superiores en un sistema, dice Popper que las superiores ejercen un control plástico –no férreo– sobre las inferiores. Este concepto no solo lo aplicó Popper a los sistemas biológicos, también lo utilizó para explicar la dinámica del desarrollo científico, pues, según él, los productos tangibles de la mente humana, que en su sistema de los tres mundos estableció como miembros del mundo 3 –el conocimiento incorporado en libros, teorías, problemas abiertos, argumentos críticos, sistemas de leyes y todo lo que constituye el ‘universo del significado’ que él llama *sistemas lingüísticos exosomáticos*–, ejercen un control plástico sobre los estados de conciencia propios del mundo 2, aunque aquellos sean un producto de esta (Popper, *Conocimiento objetivo* 232).

Pensemos el caso de la teoría de la evolución. Un biólogo evolucionista seguidor de la teoría darwiniana “ve” los procesos de cambio en el mundo biológico como procesos de variación genética y selección. Es difícil para él encontrar una explicación de un fenómeno por fuera de este marco mental, su interpretación es siempre funcionalista: el murciélago desarrolló el sonar *para* detectar las presas en la oscuridad; el pato desarrolló las patas palmadas *para* impulsarse mejor en el agua, etc. La teoría, que pertenece al mundo 3, condiciona –aunque no determina– su modo de ver, es decir, sus estados mentales propios del mundo 2. En otras palabras, la teoría ejerce sobre estos un control plástico. Este

<sup>65</sup> “[...] all processes at the lower levels of hierarchy are restrained by and act in conformity to the laws of the higher levels”.

condicionamiento, permite entender lo que Popper llama como *fase dogmática* en la dinámica del desarrollo científico.

Posteriormente, Popper usa el término campbelliano de *causación descendente* y lo define como el proceso por el cual una estructura jerárquicamente superior opera causalmente sobre una subestructura. Aquí precisa que una variación aleatoria, por ejemplo, en el caso biológico una mutación en el ADN, es aceptada si encaja en –es, en nuestros términos, coherente con– el nivel superior jerárquico de la estructura del sistema –en este caso, el organismo en su desarrollo ontogenético–. De lo contrario, esta variación sería rechazada (Popper, “Natural selection” 348)<sup>66</sup>.

Por otro lado, Popper trata de generalizar la teoría clásica de las probabilidades con su *teoría de las propensiones*. Una propensión es, según él, una tendencia a que ocurra un evento, un cambio, sobre un objeto. Esa tendencia depende de la situación particular en la cual se encuentra el objeto: “[...] las propensiones no deberían ser vistas como propiedades inherentes en un objeto, sino que deberían verse como inherentes en una situación (de la cual, por supuesto, el objeto es parte)” (*A world* 14)<sup>67</sup>. Cuando estudiamos eventos que suceden sobre objetos en situaciones completamente estables, las propensiones se tornan como probabilidades. La probabilidad de que ocurra un evento sobre un objeto es pues la propensión cuando la situación de la que forma parte el objeto es estable (16). Esta tendencia a que se dé un cambio sobre un objeto dependiendo de la situación que rodea al objeto y, fundamentalmente de la manera en que esa situación cambia a su vez<sup>68</sup>, es decir, de la *propensión* al cambio sobre el objeto,

<sup>66</sup> Este artículo se basa en una conferencia que dictó Popper en el Darwin College de la Universidad de Cambridge el 8 de noviembre de 1977.

<sup>67</sup> “[...] propensities should not be regarded as properties inherent in an object, [...] they should be regarded as inherent in a situation (of which, of course, the object was a part)”.

<sup>68</sup> “Propensities [...] are properties of the whole [...] situation and sometimes even of the particular way in which a situation changes” (Popper, *A world of Propensities* 17). Que traducimos como “Las propensiones [...] son

complementada con el proceso de la *causación descendente*, nos permite inferir que en los sistemas jerárquicos –como es el caso de los sistemas biológicos– un sistema de un nivel dado establece las propiedades de la situación particular en la que se encuentran los respectivos subsistemas y, al ejercer sobre ellos un control plástico, canaliza las posibilidades de cambio, establece sus propensiones.

De esta forma, en el caso de los sistemas biológicos, una misma información genética codificada en la molécula de ADN puede expresarse de distintas maneras dependiendo de la situación particular que establecen tanto la célula en la que tal molécula se alberga como el medio ambiente que rodea a dicha célula y al organismo del que esa célula forma parte. Este proceso de causación de cambio –que hemos llamado una *causación próxima* o cercana– produce una variación epigenética como lo establece la teoría de la EVO-DEVO. Por lo tanto, Popper, de alguna manera y aunque nunca fue consciente de ello, desarrolló conceptos para explicar el cambio, congruentes con los que desarrollaría posteriormente la teoría de la EVO-DEVO. Los conceptos popperianos de causación descendente y de propensiones permiten entender, según lo expresamos en la primera parte de nuestra tesis anterior, cómo los procesos de desarrollo canalizan las variaciones posibles en el contexto biológico como indica la teoría de la EVO-DEVO.

En relación con la segunda parte de la tesis auxiliar N° 1 *de igual manera a como el Mundo 3, en su interacción con el Mundo 2, canaliza las conjeturas posibles en el desarrollo de la ciencia*–, en la que aplicamos la homología defendida por Popper entre la dinámica del desarrollo de la ciencia y la dinámica de la evolución biológica, podemos decir que el Mundo 3 establece las condiciones, las propiedades de la situación particular que posibilitan el cambio en el Mundo 2. Es en esta relación entre Mundo 3 y Mundo 2, en este control plástico, que el primero ejerce sobre el segundo, que se da la propensión al cambio en el Mundo 2. Veamos un ejemplo de esta relación y del control plástico que ejerce el Mundo 3 sobre el Mundo 2.

propiedades de la situación como un todo y, algunas veces, de la forma particular en la que esa situación cambia”.

La teoría de la mecánica newtoniana y la teoría del electromagnetismo de Maxwell son habitantes del Mundo 3. Ambas teorías eran completamente exitosas a finales del siglo XIX en la explicación de sus parcelas de mundo –y lo son aún bajo determinadas condiciones–. Una explica los fenómenos relativos a los movimientos mecánicos y a las interacciones gravitatorias; la otra explica sencilla y elegantemente los fenómenos eléctricos y magnéticos y su interacción. Sin embargo, en la zona en la que esas parcelas de mundo se superponen, una especie de zona común, ambas teorías predicen comportamientos distintos. Uno de esos comportamientos tiene que ver con el cumplimiento del principio de relatividad de Galileo. En la mecánica newtoniana este es un postulado fundamental, en la teoría electromagnética no se cumple este principio. Ambas teorías tienen expectativas distintas ante un mismo fenómeno. Esta es una anomalía, en el sentido kuhniano, irresoluble desde el interior de cualquiera de esas teorías. Tal anomalía es un problema que, según Popper, se constituye también en un habitante del Mundo 3.

Ese problema incitó las mentes de varios pensadores de la época, pero fue en uno en particular, Albert Einstein, donde esa situación establecida por el mundo 3 generó lo que podríamos llamar una mutación cognitiva, una propensión al cambio en los estados mentales del científico; propensión que, modulada por la argumentación crítica de la comunidad científica, supo canalizar adecuadamente y que le permitió inventar inicialmente la Teoría especial de la relatividad y posteriormente la versión general de tal teoría<sup>69</sup>. Una particular situación en el Mundo 3 dentro del dominio de la Física ejerció un control plástico que no determinó, pero sí generó una propensión al cambio en el Mundo 2 –la mente de Einstein–. Este cambio en el Mundo 2 generó, a su vez, un cambio en el Mundo 3, una teoría científica mejor, que explicando todo lo que explicaban las dos teorías anteriores por separado, resolvió la discordancia entre ellas. Se generó entonces una teoría

69 El físico y matemático francés Henri Poincaré (1854–1912) estuvo muy cerca de lograr una síntesis teórica similar a la de Einstein, pero no llegó a concretarla (Galison, *Relojes de Einstein* 243).

con un mayor contenido empírico y una mayor verosimilitud, que hasta hoy ha superado todos los intentos de falsación. Es un caso claro de control plástico con retroalimentación, como indica el mismo Popper (*Conocimiento objetivo* 221).

### 1.8.3 Sobre las causaciones próxima y lejana en Popper

En su libro *A world of propensities*, Popper trató el tema de la adaptación al ambiente de los organismos biológicos, tanto en el largo plazo –*long-term adaptation*– como en el corto plazo –*short-term adaptation*–. Los procesos diferentes que producen esas dos formas de adaptación pueden mirarse como procesos causales de cambio: la adaptación de largo plazo se debe a un proceso de causación lejana y, en cambio, la adaptación de corto plazo se debe a un proceso de causación próxima. El primero actúa sobre la población y la especie; el segundo actúa directamente sobre el individuo. Estudiemos el siguiente texto de Popper:

La diferencia entre la adaptación a (el conocimiento inconsciente de) las condiciones ambientales de largo plazo como la fuerza de la gravedad o el ciclo cambiante de las estaciones, de un lado, y la adaptación a (el conocimiento de) los eventos y cambios ambientales de corto plazo, del otro lado, es del mayor interés. Mientras que los eventos de corto plazo ocurren durante la vida de un organismo individual, las condiciones ambientales de largo plazo son tales que la adaptación a las mismas debió haber ocurrido a través la evolución de incontables generaciones de individuos. Pero si miramos más de cerca las adaptaciones de corto plazo, (al conocimiento de, y a la respuesta) a los eventos ambientales de corto plazo, veremos que la habilidad del organismo individual para responder apropiadamente a estos eventos de corto plazo es también una adaptación de largo plazo y aquí, de igual manera, el proceso de la adaptación se da a través de incontables generaciones (*A world* 35-36)<sup>70</sup>.

70 “The distinction between adaptation to, or (unconscious) knowledge of, law-like and long-term environmental conditions, such as gravity and the cycle of the changing seasons, on the one side, and adaptation to, or knowledge of, environmental short-term changes and events, on the

Popper se da cuenta de que en la dinámica evolutiva se dan, para el organismo, dos procesos de aprendizaje, dos formas de acople entre el organismo y su ambiente. La primera forma es un acople de largo alcance, *long-term adaptation*, que ocurre a nivel de la población de organismos a través de incontables generaciones como una deriva evolutiva mediante la cual los organismos que componen la población mantienen una adaptación relativamente buena –nunca perfecta– con su entorno, gracias también a pequeñas mejoras estructurales o comportamentales que se van acumulando con el tiempo. Esta adaptación se presenta en entornos que permanecen relativamente estables durante grandes períodos de tiempo –Popper aquí respalda la visión gradualista de Darwin y de los neodarwinistas–. El mecanismo de variación involucrado es el de hacer visibles para la selección pequeñas mutaciones en el genoma que, en muchos casos, permanecen silenciosas durante grandes períodos de tiempo, pero que devienen funcionales cuando las circunstancias son las apropiadas.

Sin embargo, en *A world of propensities* Popper olvida mencionar una variante importantísima de esa primera forma de acople que sí trabaja en su libro *Conocimiento objetivo*, específicamente en el capítulo “La evolución y el árbol del conocimiento”. Allí, Popper plantea una variante de la teoría sobre los monstruos prometedores del biólogo alemán Richard Goldschmidt (1878–1958) quien conjeturó que en el proceso evolutivo de una especie podrían aparecer, de vez en cuando y en una sola generación, organismos con grandes cambios anatómicos respecto a sus padres y que normalmente mueren; pero si en un instante dado se tienen

---

other side, is of greatest interest. While short-term events occur in the life of the individual organisms, the long-term and law-like environmental conditions are such that adaptation to them must have been at work throughout the evolution of countless generations. And if we look more closely at short-term adaptation, at the knowledge of, and the response to, environmental short-term events, then we see that the ability of the individual organism to respond appropriately to short-term events [...] is also a long-term adaptation, and also the work of adaptation going through countless generations”.

unas condiciones especiales, pueden sobrevivir con más éxito que el resto de la especie (Goldschmidt 390). Popper supone, haciendo una variante en relación con la propuesta de Goldschmidt, la aparición de *monstruos etológicos o comportamentales*, organismos cuyas diferencias respecto a sus padres consisten fundamentalmente en conductas distintas (*Conocimiento objetivo* 258). Tales cambios conductuales conducirán posterior y gradualmente, posiblemente en unas pocas generaciones, a cambios anatómicos mediante lo que el biólogo escocés Conrad Waddington (1905–1975) llama *Asimilación genética*<sup>71</sup>, en la que se manifiesta el “efecto Baldwin” del que ya hemos hablado<sup>72</sup>.

Siendo rigurosos, esta primera forma de acople de largo alcance actúa sobre la población de organismos si consideramos esta como un organismo de un nivel jerárquico superior al de los organismos individuales –un sistema compuesto por agentes que interactúan: los organismos individuales–. La especie biológica es un término que designa a una entidad abstracta, es la población la que tiene existencia real. La población como un todo es la entidad que se acopla estructuralmente a su entorno, creando así su nicho ecológico propio en el ecosistema del que forma parte<sup>73</sup>.

---

<sup>71</sup> Para un tratamiento amplio de este fenómeno el lector puede remitirse al libro de Waddington *The nature of life* (cf. Waddington 1961).

<sup>72</sup> Esta variante del acople de largo alcance popperiano, no gradual sino disruptivo, podría dar cuenta, en parte, de la pauta puntuada –los saltos evolutivos– que defienden los paleontólogos estadounidenses Stephen Jay Gould (1941–2002) y Niles Eldredge (1943) como explicación a las discontinuidades en el registro fósil y que ocurren, a veces, gracias a las posibilidades que aparecen luego de una catástrofe ambiental. Para una amplia presentación de la teoría del Equilibrio puntuado puede consultarse el libro de Jay Gould *La estructura de la teoría de la evolución* (cf. Gould 2004).

<sup>73</sup> En apoyo de esta afirmación, puede leerse el artículo del Biólogo Arnold Kluge “Species as historical individuals” (Kluge 417). También puede consultarse el artículo del biólogo estadounidense Brent Mishler titulado “Species are not uniquely real biological entities” (Mishler 110).

Una segunda forma de acople es la que se da en el corto plazo, *short-term adaptation*, durante la vida de un organismo individual, para dar a este una capacidad de respuesta efectiva frente a cambios repentinos en su medio. La capacidad que tiene el organismo de lograr este acople de corto alcance se origina, de todas formas, en una evolución previa de largo alcance de la respectiva población, como indica Popper en la última parte del texto anteriormente citado. Tal evolución previa pudo haberse dado gradual o disruptivamente (Popper, *A world* 36).

Esta forma de acople de corto alcance es denominada por los biólogos *plasticidad fenotípica* y puede darse, a su vez, de dos maneras: la primera la podemos llamar acción reactiva, que se manifiesta mediante cambios en el soma del organismo como respuesta ante los cambios ocurridos en el ambiente; mientras que la segunda, que podemos llamar acción proactiva, permite al organismo pronosticar cambios probables del ambiente que pueden afectar su supervivencia o reproducción. La acción proactiva se manifiesta mediante cambios en el comportamiento del organismo y se torna predominante –aunque no exclusiva– en los organismos con sistema nervioso central. Estos cambios en el comportamiento pueden ser instintivos o pueden ser aprendidos.

Para los fines que nos proponemos en este libro, al acople de largo alcance, sea gradual o disruptivo, lo llamaremos *Reestructuración cognoscitiva* pues, en el caso de la biología, el acervo génico<sup>74</sup> de una población sufre un cambio; es decir, se reestructura de tal forma que la población mantiene la coherencia –el acople estructural efectivo– con su medio. Esta coherencia es, según Popper<sup>75</sup>, y en eso estamos de acuerdo con él, un conocimiento del medio. Por tal razón, esa reestructuración es de naturaleza cognoscitiva. En esa reestructuración cambian no solo algunos de los genes y grupos de genes que conforman tal acervo sino,

<sup>74</sup> El acervo génico también conocido como “patrimonio genético” de una población biológica es el conjunto de todos los alelos, de todos los distintos genes encontrados en todos los individuos de la población (Audersik y Audersik 324).

<sup>75</sup> Recordemos que Popper habla de “Correspondencia” y no de “Coherencia”.

y principalmente, la frecuencia de los genes, especialmente la frecuencia de los distintos alelos de un gen dado y también cambian las redes de influencia genética y la manera en que los genes se organizan en el genoma de los individuos de la población. Es este tipo de cambio el que origina nuevas especies biológicas. La reestructuración cognoscitiva es pues, para el caso de las poblaciones biológicas, un proceso de aprendizaje. El resultado del mismo es que la población cambia en la medida en que cambia el fenotipo de los organismos que la componen, de tal manera que el cambio fenotípico puede ocurrir en la estructura anatómica de los individuos o en su comportamiento.

Al acople de corto alcance, por su parte, lo denominaremos *Asimilación cognoscitiva*<sup>76</sup>. Un ejemplo de acople por asimilación cognoscitiva, a través de plasticidad fenotípica en el soma, ocurre cuando nuestro cuerpo, acostumbrado al nivel de oxígeno en la atmósfera a determinada altura sobre el nivel del mar, se traslada a un lugar situado a una altura muy superior –como la cima de una montaña– en el cual el nivel de oxígeno es considerablemente inferior. Al principio nos sentimos mareados ante un esfuerzo importante, pero, luego de un tiempo, el nivel de glóbulos rojos en nuestra sangre se incrementa posibilitando una mejor capacidad de oxigenación, disminuyendo el cansancio ante tal esfuerzo. Nos hemos adaptado a las características del nuevo ambiente<sup>77</sup>.

Tal vez, uno de los ejemplos más famosos de plasticidad fenotípica en insectos es el de la mariposa *Araschnia Levana* clasificada así por Lineo en 1758. Esta mariposa es una especie paleártica cuyo hábitat se extiende desde Japón, a través del norte de Asia y de Europa, hasta el norte de la Península Ibérica. No se encuentra en las Islas Británicas. Esta es una especie que presenta un dimor-

<sup>76</sup> Es importante no confundir esta expresión con la “Asimilación genética” definida por Conrad Waddington, de la que ya hemos hablado anteriormente.

<sup>77</sup> El biólogo francés Pierre Grassé (1895 – 1985) expone en su libro *Evolución de lo viviente* varios ejemplos de plasticidad fenotípica en el soma en plantas (*cf.* Grassé 213). En algunos casos la plasticidad fenotípica puede darse a través de mecanismos epigenéticos siempre y cuando se favorezca el acople estructural con el medio ambiente.

fismo estacional –cambio en la morfología del animal según la estación del año– muy acentuado. En primavera la pupa produce un fenotipo claro, de colores llamativos; en cambio, en verano y otoño, produce un fenotipo oscuro y poco llamativo. La concentración de melanina varía de manera amplia entre ambos fenotipos (*cf.* Fernández, Mezquita y Maguregi 2009). Esta plasticidad seguramente evolucionó para posibilitar una mayor supervivencia según la estación. En primavera, los colores brillantes de la mariposa le permiten mimetizarse en los campos floridos. En verano y otoño, los colores oscuros, pardos y grises le permiten lograr el mismo efecto en estos entornos. Vemos pues que la plasticidad fenotípica posibilita que una especie pueda conquistar diversos ambientes, ajustando su fenotipo de tal manera que se maximicen sus posibilidades de supervivencia.

Los dos ejemplos anteriores de plasticidad fenotípica son del tipo de *acción reactiva* en la que el soma del individuo se acomoda a las condiciones del ambiente. Un ejemplo de acción proactiva, orientada principalmente a un cambio en el comportamiento, *previendo* cambios en las condiciones del ambiente, se da en las especies migratorias. La mariposa Monarca norteamericana realiza una migración de unos cinco mil kilómetros desde Canadá y el norte de los Estados Unidos hacia el sur de los Estados Unidos y México. Esta migración se inicia en el otoño, antes de que empiece el invierno, y el regreso se da en primavera (Galindo y Rendón 20). En este caso, el cambio de comportamiento es completamente instintivo. Un cambio de comportamiento aprendido se da, por ejemplo, en los elefantes africanos que migran buscando alimento y agua en épocas de sequía. En estas migraciones, la hembra más vieja de la manada, la matriarca, es la que recuerda la ubicación de las fuentes de agua y alimento según aprendió en migraciones anteriores (*cf.* Birkett *et al.* 2012).

Las especies generalistas como el coyote son aquellas que exhiben una alta plasticidad fenotípica en estructura o en comportamiento, contrario a las especies especialistas, como el Koala australiano, que exhiben poca plasticidad fenotípica. Las primeras son más adaptables que las segundas. El hombre, en particular, constituye la especie con el máximo grado de generalismo alcanzado por

la evolución biológica. Su capacidad de adaptarse a la mayoría de los ambientes terrestres y de desplegar el mayor abanico de comportamientos no solo le permitió dominar los ambientes conquistados sino y, tal vez por desgracia, transformarlos a su amaño.

Concluyendo, la reestructuración y la asimilación cognoscitivas son dos ámbitos distintos del fenómeno general de adaptación de un organismo en el acople estructural con su entorno. Este par de conceptos es clave y por ello volveremos sobre ellos posteriormente.

### 1.9 Elementos fundamentales de la epistemología popperiana

Vamos aquí a rescatar algunos puntos de la epistemología popperiana que serán pilares en la construcción del modelo que proponemos en este libro y con los cuales urdiremos nuestra argumentación, para mostrar la pertinencia de las tesis propuestas.

El primero de ellos, que enunciamos como nuestra primera pista, es su concepción de que todo proceso de aprendizaje es un proceso de formación de expectativas. Toda expectativa obedece a una concepción aceptada sobre el funcionamiento del mundo o a una teoría tácita o explícita sobre la manera como opera ese mundo<sup>78</sup>. El lema básico de Popper en este punto es que toda observación está impregnada de teoría. No existen los datos puros de la experiencia sino los datos que, percibidos, son interpretados de acuerdo con la visión teórica que aceptamos como válida.

El segundo punto que queremos rescatar –nuestra segunda pista– es la diferenciación que hace Popper entre dos aspectos de todo proceso de aprendizaje, que llama “fases”. Una es la fase dogmática, en la que el sujeto del aprendizaje obedece a unos principios que da por sentados; que modulan sus percepciones y sus acciones sobre el mundo y que acepta como dogma. La otra es la fase crítica, en la

<sup>78</sup> En este caso, “Teoría” es una manera de nombrar un conocimiento o concepción del mundo que tiene el sujeto que aprende sea este un científico, un niño o un animal. En el caso del científico la teoría se asimila a “Teoría científica”.

que el sujeto encuentra que las expectativas impuestas por su modelo del mundo no se corresponden con los hechos que le presenta ese mundo. Ante esta situación, el sujeto critica su modelo del mundo, su teoría, y busca estructurar un nuevo modelo que, tal vez, sí pueda lograr la coherencia entre las expectativas y los hechos. Es la actitud de buscar activamente el error en nuestras concepciones sobre el mundo de tal forma que se nos permita abrirnos a nuevas formas de verlo. Además, afirma Popper, que la fase crítica siempre va precedida de una fase dogmática, lo que hace que este segundo punto esté íntimamente relacionado con el punto anterior.

El tercer punto importante para nuestro propio esquema —nuestra tercera pista— tiene que ver con la apreciación de Popper de que los ensayos o contrastaciones que busquen el error, la falsación, en nuestras teorías sobre el mundo no son ensayos al azar ni completamente ciegos. La situación, el contexto del problema, canaliza la solución o el rango de posibles soluciones de tal problema. En ciencia es muy común encontrar descubrimientos hechos por serendipia<sup>79</sup>. El gran químico y biólogo francés Louis Pasteur afirmaba, sin embargo, que tales descubrimientos no eran totalmente al azar y decía que: “[...] la fortuna juega a favor de una mente preparada”; es decir, una mente que contextualiza la situación (*cf.*: Alphin 54)<sup>80</sup>.

El cuarto punto —una pista más— tiene que ver con las formas de contrastación de una teoría científica dentro de las ciencias fácticas, y que pueden agruparse en dos: las contrastaciones relativas a la consistencia y pertinencia lógica de las teorías, que son contrastaciones *internas*, digamos que preempíricas o *a priori*;

<sup>79</sup> Serendipia es un término con el cual se identifica un “hallazgo valioso que se produce de manera accidental o casual” según definición del Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua. Es una palabra adaptada del inglés *Serendipity* que fue acuñada por el escritor inglés Horace Walpole en 1754 refiriéndose a un cuento de origen sirio titulado *The three princes of Serendip* y que tiene como ubicación la actual isla de Sri Lanka cuyo nombre persa antiguo es precisamente Serendip.

<sup>80</sup> Esta frase la pronunció Pasteur en un discurso que dio el 7 de diciembre de 1854 durante la inauguración de la facultad de letras de Douai y la facultad de ciencias de Lille ambas al norte de Francia.

y la contrastación mediante el experimento, para ver qué tanto se corresponde la teoría con los hechos del mundo. Esta última es una contrastación que podríamos llamar externa o *a posteriori*. Una teoría puede superar la contrastación interna pero no pasar la prueba de la contrastación externa. Tal fue el caso de la *teoría del calórico*, propuesta por el químico francés Antoine Lavoisier en 1783, que trataba de explicar la naturaleza del calor en los cuerpos como un fluido sutil que los impregnaba. Esta teoría era consistente desde el punto de vista lógico y por ello superó la contrastación interna a la que fue sometida por la comunidad científica de la época, e incluso superó exitosamente varios experimentos orientados a su contrastación externa. Sin embargo, una prueba que no superó fue la que llevó a cabo el físico estadounidense Benjamin Thompson, Conde de Rumford, quien encontró en experimentos realizados en la última década del siglo XVIII, que el calentamiento de un cuerpo no se producía por ningún fluido que lo impregnara sino por el rozamiento y, por tanto, por el movimiento. Esta contrastación llevó a la comunidad científica a desear la teoría del calórico. Por tal motivo, lo anterior nos suscita la siguiente pregunta: ¿se podría pensar que formas análogas de contrastación pueden darse a nivel del desarrollo orgánico? Con elementos argumentales planteados posteriormente en el capítulo 3 de este libro intentaremos una respuesta a esta pregunta.

El quinto punto que queremos destacar como fundamental para nuestro trabajo es el concepto popperiano de *control plástico*. Este concepto lo asimilamos al concepto que Donald Campbell denominó *causación descendente* y que Popper acogió<sup>81</sup>. Los sistemas biológicos son sistemas con organización jerárquica. Las moléculas biológicas —proteínas y ácidos nucleicos— en el nivel más bajo de la jerarquía son los constituyentes de las células. Estas, a su vez, constituyen los diversos tejidos orgánicos y estos conforman los órganos. Los órganos son los componentes de un organismo biológico, y un grupo de organismos conforma una población en

<sup>81</sup> Define Popper la causación descendente como el proceso por el cual una estructura jerárquicamente superior [de un sistema] opera causalmente sobre una subestructura [de ese sistema] (Popper, “Natural selection and the emergence of mind” 348).

la que se presenta el proceso de la reproducción. Cada una de estas entidades corresponde a un nivel en la jerarquía biológica. La propuesta de Campbell se basa en la existencia de cuatro principios que explican la dinámica propia de estas jerarquías biológicas. Tales principios, que enumeramos a continuación, los define Campbell en su artículo “Downward causation in hierarchically organised biological systems”. Los dos primeros son de naturaleza reduccionista y rigen lo que podríamos llamar *procesos de causación ascendente*. Los otros dos son de naturaleza *holista* y rigen lo que podríamos llamar *procesos de causación descendente* (cfr. 180). Con base en las definiciones de Campbell, los enunciamos como sigue:

1. Todo proceso en un nivel superior está condicionado por las leyes que rigen los niveles inferiores.
2. Los comportamientos teleonómicos<sup>82</sup> en un nivel superior requieren, para su implementación, de los mecanismos y procesos específicos del nivel inferior.
3. Principio de emergencia. La evolución biológica es un proceso intrínsecamente exploratorio y en esa exploración, mediante un proceso selectivo, da origen a regularidades, que pueden ser expresadas mediante leyes de organización, y que, para un observador, no pueden ser descritas por las leyes operantes en los niveles inferiores ni previstas a partir de tales leyes.
4. Causación descendente. En aquellos sistemas, como los biológicos, en los que opera el proceso de selección natural en un nivel alto de la jerarquía, las leyes propias de la dinámica selectiva en tal nivel canalizan<sup>83</sup> la distribución de los eventos y sustancias en el nivel inferior.

---

<sup>82</sup> Teleonomía es una palabra creada por el biólogo francés Jacques Monod, como opuesta a *Teleología*, para dar a entender el aparente sentido de propósito u orientación a fines en los procesos de la evolución biológica (Monod 21). Un proceso teleonómico *simula* a un proceso teleológico.

<sup>83</sup> Campbell utiliza aquí la expresión “determinan en parte” pero nos parece que tal expresión puede llevar a malos entendidos por lo que usamos mejor “canalizan” para dar a entender que no existe determinación de arriba hacia abajo sino tan solo un influjo que genera una propensión al cambio en el nivel inferior. Ese influjo que genera la propensión al cambio es lo que Popper llama *Control plástico*.

Bajo esta óptica, los sistemas, en un nivel dado de la jerarquía, proponen ensayos que el sistema del nivel superior canaliza, bien sea apropiándolos, eliminándolos o restringiéndolos de alguna manera mediante procesos selectivos. Es importante anotar que Campbell tiene su propia teoría de desarrollo del conocimiento dentro de lo que se llama Epistemología evolucionista de mecanismos cognitivos (EEM); teoría que él denomina como *Jerarquía anillada* (“Epistemología” 51) y mediante la cual presenta sus hipótesis sobre cómo la capacidad de movimiento y la subsecuente retroalimentación mediante órganos sensoriales en algunos organismos primitivos generó, en una jerarquía de diez niveles, una dinámica de incremento de las capacidades cognitivas, hasta llegar, con el hombre, a la ciencia y su método de indagación sobre el mundo y a la tecnología y su capacidad de acción sobre ese mundo<sup>84</sup>.

Los mecanismos esenciales en los que se basa el proceso de desarrollo del conocimiento, definidos por Campbell, son, como veremos, medulares en la argumentación de nuestras tesis. Tales mecanismos son:

- Los mecanismos para introducir la variación.
- Los procesos consistentes de selección.
- Los mecanismos para preservar y/o propagar las variaciones seleccionadas (cfr. “Epistemología” 54).

---

<sup>84</sup> El proceso histórico repetido que llevó al ascenso de las capacidades cognitivas en esta jerarquía anillada, Campbell lo denomina variación ciega y retención selectiva (Campbell, “Epistemología Evolucionista” 54) que es, básicamente, el proceso darwiniano de evolución. En nuestro trabajo afirmamos que la “variación” no es completamente ciega y en eso coincidimos con Popper cuando dice, como ya citamos previamente, que los ensayos (la variación) no son completamente ciegos, sino que están canalizados por la misma situación problemática que define el rango dentro del cual se seleccionan los ensayos. Este proceso de variación ciega y retención selectiva es, para Campbell, el proceso fundamental de incremento genuino (en el sentido de no tautológico) del conocimiento en cada uno de los diez niveles de su jerarquía anillada.

Por otro lado, la teoría popperiana de las propensiones y su concepción de la causación descendente permiten inferir que Popper, en cierta forma, prefigura los postulados de la EVO-DEVO, como mostramos en la tesis auxiliar N° 1.

El sexto punto se relaciona con la dimensión temporal en el esquema de Popper, tanto en el desarrollo de la ciencia como en la evolución biológica. La ciencia es una actividad eminentemente histórica en la cual diferentes entidades –las teorías– se suceden unas a otras en un proceso continuo de desarrollo, donde no solo aparecen ramas que diversifican troncos, hasta ese momento únicos, sino también troncos que se unen con otros formando un tronco más grueso. Es la integración de teorías, hasta entonces independientes, en una teoría más general que las abarque. En este punto discrepamos de Popper, quien solo ve el progreso de la ciencia como integración, y consideramos que, en el desarrollo del conocimiento científico teórico, igual que en el desarrollo tecnológico y en la evolución biológica, se dan los procesos de diferenciación e integración. La integración es clara, y el mismo Popper la ejemplifica con el caso de la teoría de la mecánica newtoniana que comprende tanto las leyes del movimiento como también la ley de la atracción gravitacional (*Conocimiento objetivo* 241).

Esta teoría incluyó en su marco dos teorías existentes: la dinámica de Galileo y la teoría kepleriana del movimiento planetario. Pero no solo las incluyó, sino que las leyes que de la teoría de Newton se deducen son más precisas que las existentes en las dos teorías previas. Por otro lado, la diferenciación –no considerada por Popper– se presenta cuando, a partir de una teoría existente, surge lo que podríamos llamar *teorías hijas* que, utilizando los mismos principios metafísicos, explican los fenómenos en un campo distinto de la ciencia. Para el caso de la mecánica newtoniana, tenemos la teoría de la óptica, postulada por el mismo Newton, la Teoría Cinética de los gases en química que explicó el comportamiento de un gas confinado y también la teoría de la hidrodinámica debida a los matemáticos suizos Daniel Bernoulli (1700–1782) y Leonard Euler (1707–1783). Incluso, el psicólogo y pedagogo alemán Johann Friedrich Herbart (1776–1841) propuso una teoría de la psicología que tomaba de la física newtoniana el concepto

de fuerza, aplicándolo a la asociación de ideas. Estas estaban sujetas a atracciones y repulsiones y a los estados de equilibrio, movimiento y cambio, como en el caso de la materia en la mecánica newtoniana<sup>85</sup>. Aquí no hablamos de que tales teorías hayan sido exitosas en su proceso de contrastación; lo que queremos mostrar es que la dinámica del desarrollo científico produce tanto procesos de diferenciación como procesos de integración de teorías.

Con los conceptos popperianos necesarios para nuestra investigación y con las pistas que de ellos sacamos, vamos ahora a presentar el segundo pilar sobre el que se fundamentará la argumentación de las tesis principales propuestas en este libro. Este segundo pilar corresponde a la teoría del aprendizaje en la acción del psicólogo y teórico del aprendizaje organizacional estadounidense Chris Argyris y del filósofo, también estadounidense, Donald Schön, basada en sus estudios sobre la manera como actúan los líderes organizacionales y que ellos etiquetaron como “reflexión en la práctica”.

<sup>85</sup> Para una mayor información sobre la obra de Friedrich Herbart puede consultarse el libro *The evolution of Psychology Theory* (Lowry 68).

## Capítulo 2

# La dinámica del aprendizaje según Chris Argyris y Donald Schön

En este capítulo presentamos y discutimos la propuesta de Chris Argyris y Donald Schön sobre el aprendizaje en las organizaciones humanas. Para ello partimos de la Epistemología del conocimiento práctico, propuesta por Schön y que se constituye en la base filosófica de lo que Argyris y Schön denominan Ciencia de la acción. Esta disciplina pretende teorizar sobre el aprendizaje en las organizaciones tomando como punto de partida el concepto de “deuteroaprendizaje” del antropólogo y psicoterapeuta inglés Gregory Bateson (1904–1980)<sup>86</sup>. Con estas bases exploramos la propuesta denominada *el doble ciclo del aprendizaje* que, según los autores, define la dinámica del aprendizaje en tales organizaciones, y terminamos con algunas anotaciones críticas a dicha propuesta.

### 2.1. La epistemología de la actividad profesional práctica

A diferencia de la actividad científica, la actividad profesional que busca actuar sobre el mundo para resolver problemas prácticos se basa, en gran medida, en un conocimiento que se obtiene directamente en la acción. Es un conocimiento que, si bien

---

<sup>86</sup> Este concepto, introducido por Bateson en su libro *Steps to an ecology of mind*, se refiere al proceso de aprender a aprender (127). Es, como él indica, un aprendizaje de “segundo orden”.

puede partir del conocimiento científico aceptado en el área de especialidad, está formado además por un sinnúmero de experiencias sobre problemas previamente resueltos —o no resueltos—, experiencias que definen reglas de acción que guían la forma de enfrentar y solucionar nuevos problemas. El filósofo estadounidense Donald Schön (1930–1997), en la línea del pragmatismo del también filósofo y educador estadounidense John Dewey (1859–1952)<sup>87</sup>, hace equivaler este conjunto de reglas de una profesión a una teoría de la práctica de esa profesión y, por ello, tales reglas conforman un conocimiento no científico pero, de por sí, válido en la medida en que es útil.

La visión positivista del mundo impuso el modelo de la *Racionalidad técnica* según el cual toda actividad profesional práctica<sup>88</sup> debe orientarse a la solución instrumental de los problemas mediante la aplicación rigurosa de la teoría científica (*cf.* Schön 21). Tal solución consiste, según esta visión, en el ajuste instrumental de los medios a los fines previamente definidos y consensuados. Así, este ajuste responde a la pregunta ¿cuál es la manera óptima de lograr los fines establecidos con los medios de que se dispone? Y se fundamenta, para alcanzar la respuesta, en el conocimiento científico existente y aceptado por la respectiva comunidad científica. Este conocimiento se caracteriza por ser especializado, estandarizado y con límites claramente definidos.

Los ingenieros hidráulicos, por ejemplo, deben utilizar los principios de la dinámica de fluidos en la solución de los problemas de su práctica cotidiana. La racionalidad técnica se constituye

entonces en la *epistemología de la práctica* dentro del marco positivista (*cf.* Schön 31). Las mismas universidades aplican este marco epistémico a sus currículos, donde las materias iniciales se concentran en las ciencias básicas sobre las que se fundamenta la profesión, las materias de mitad del currículo se concentran, a su vez, en las ciencias aplicadas y en las tecnologías, y las materias del final se concentran en las prácticas profesionales donde los estudiantes adquieren las habilidades prácticas para resolver problemas concretos. La jerarquía del conocimiento, según esta racionalidad, va entonces de mayor a menor nivel: de los conocimientos científicos básicos a los conocimientos de la ciencia aplicada y, por último, a las habilidades prácticas que tienen mucho de arte. Bajo esta visión de la racionalidad científica, las habilidades prácticas para la solución de problemas no se consideran pues conocimiento formal, sino que son una especie de conocimiento de bajo nivel.

Tal forma de pensamiento se instaló también en la empresa de la sociedad industrial donde mayormente se ejecuta la práctica profesional. En ella, las empresas se orientan a fines —que se establecen en la misión y visión empresarial—, y su problema, meramente instrumental, es el de determinar los medios idóneos para alcanzar tales fines. Su misma estructura jerárquica y funcional es la concreción de la visión mecanicista cartesiana en el mundo de los negocios. Las empresas son literalmente *máquinas de objetivos*. En un medio relativamente estable, los objetivos se mantienen estables por mucho tiempo, y la práctica profesional se limita a solucionar problemas usando para ello la *caja de herramientas* que contiene los medios proporcionados, tanto por la ciencia básica como por la ciencia aplicada y la tecnología. Bajo este esquema de pensamiento se hace poco énfasis en la actividad de vislumbrar y definir nuevos problemas a los que pueda enfrentarse la empresa; actividad fundamental para incrementar las posibilidades de supervivencia futura en un mundo complejo. Esta actividad de vislumbramiento implica la definición de nuevos fines y de los respectivos medios para alcanzarlos con éxito. Schön enfatiza este punto: “En el mundo real de la práctica, los problemas con los que se enfrentan los profesionales no vienen dados. Es necesario construirlos a partir de las situaciones

<sup>87</sup> Para una introducción a las ideas de John Dewey sobre la filosofía del conocimiento práctico pueden consultarse los libros *Experience and education* (1997) y *Democracy and education* (2004).

<sup>88</sup> Se entiende aquí la actividad profesional práctica como aquella en la que el profesional de una disciplina resuelve, normalmente al interior de una institución, problemas prácticos relacionados con la vida cotidiana de las comunidades y de los individuos. Los profesionales de las denominadas *profesiones liberales* como la ingeniería, el derecho y la medicina son ejemplos de este tipo de profesionales.

problemáticas que normalmente son enigmáticas, dificultosas e inciertas” (40)<sup>89</sup>.

*Construir los problemas* implica entender adecuadamente la situación problemática; entendimiento que posiblemente lleva a definir nuevos fines y nuevos medios para alcanzarlos. Popper propone el método del *análisis situacional* para enfrentar adecuadamente una situación problemática en la ciencia, es decir, todo problema surge de un trasfondo que le sirve de marco o de contexto. Ese trasfondo está compuesto por lo que Popper llama *conocimiento base*, que es aquel conocimiento que es aceptado por la comunidad científica y que, por el momento, no se pone en tela de juicio –aunque pudiera ponerse<sup>90</sup>–. La situación problemática se refiere, según Popper, al conjunto problema-trasfondo, y el análisis situacional consiste en definir el problema extrayéndolo lo más nítidamente posible de su trasfondo (*Conocimiento objetivo* 158). Popper se refiere a este proceso como “recortar el problema”.

Apliquemos este concepto popperiano al mundo empresarial en el que podamos entender claramente las situaciones problemáticas y así *recortar*, a partir del trasfondo del conocimiento aceptado, el conocimiento puesto en tela de juicio, para definir el problema y poder tomar las decisiones pertinentes y llevar a cabo las acciones prácticas efectivas para resolver, con éxito, el problema. Tales acciones pasan por *diseñar* nuevos fines y nuevos medios para alcanzarlos. Asumimos para el verbo *diseñar* el significado dado por el científico de las ciencias sociales Herbert Simon (1916–2001) en *The science of the artificial* según el cual el diseño es el proceso por medio del cual se transforma una situación exis-

---

<sup>89</sup> “In real-world practice, problems do not present themselves to the practitioner as givens. They must be constructed from the materials of problematic situations which are puzzling, troubling, an uncertain”.

<sup>90</sup> Para mantener la coherencia con el pensamiento popperiano, el denominado *conocimiento de base*, como conocimiento que es, puede ser falsado en cualquier momento. Lo que se hace aquí es poner la lupa en el problema y suponer como válido ese conocimiento de base pues de lo contrario no se tendría un terreno sobre el que apoyarse.

tente en otra deseada: “Cómo debieran ser las cosas para alcanzar metas” (4)<sup>91</sup>.

Pero ocurre que ese conocimiento de trasfondo, ese conocimiento que se pone en acción rutinariamente en las empresas y, en general en las instituciones humanas, centrado en las habilidades prácticas de sus profesionales, es fundamentalmente un conocimiento tácito; un conocimiento que resulta de la historia de interacciones del individuo con su medio y que queda interiorizado en él de tal forma que canaliza sus decisiones así como sus acciones, aunque el individuo normalmente no es consciente de que posee tal conocimiento o, si es consciente, es para él difícil expresarlo en palabras.

Al respecto, Michael Polanyi, quien ha hecho el análisis más claro sobre este tipo de conocimiento, dice que es un conocimiento ínsito en el cuerpo, un conocimiento práctico incorporado en cada individuo (*The tacit* 18). Si le preguntamos a un patinador experto: ¿describanos cómo patina usted de tal forma que oyendo su descripción podamos nosotros patinar con igual maestría? Él seguramente no podrá hacerlo y, aunque lo intente, no podrá transmitirnos esa maestría solamente con palabras o con dibujos. Nosotros también necesitaríamos experimentar, caernos muchas veces antes de lograr estabilizarnos sobre los patines. Necesitamos pues incorporar, mediante la acción, ese conocimiento práctico en nosotros. Necesitamos, en otras palabras, aprender a “sentir los patines”.

Un conocimiento práctico es pues un conocimiento que está en la acción misma, que se expresa en ella. Al estar en la acción misma, en el uso cotidiano, es, en cierta medida, un conocimiento *opaco* al entendimiento, y al ser opaco se dificulta la tarea de identificar las situaciones problemáticas y, con ello, de recortar los problemas de su contexto. No se identifican los problemas y, por tanto, no se definen ni se construyen, lo que los deja sin solución. Tanto los individuos como las organizaciones conformadas por ellos pueden verse sometidos a esta situación que no llevaría a

---

<sup>91</sup> “How things ought to be [...] in order to attain goals”.

dificultades mayores, en el caso de ambientes estables, ambientes donde la tecnología, la competencia de otros actores, la regulación y la dinámica económica del mercado cambian de una manera relativamente suave. En cambio, en ambientes más complejos, sujetos a la incertidumbre, a la ambigüedad y al cambio repentino, esta opacidad del conocimiento se constituye en una dificultad seria que impide identificar los problemas y lleva a la pérdida de competitividad tanto individual como organizacional.

Lo que Schön enfatiza es la necesidad de romper estas situaciones. Lograr que las normas, tanto personales como institucionales, en su mayoría tácitas, a las que están sujetos los profesionales prácticos cuando actúan, puedan visibilizarse en alguna medida mediante la reflexión disciplinada que les permita entender por qué actúan así y cómo podrían actuar mejor<sup>92</sup>. Esta reflexión la llama Schön como *reflexión en la acción*, que consiste pues en tratar de ser conscientes de nuestros patrones de comportamiento mientras ejecutamos la acción. Estos patrones de comportamiento son, en cierta forma, reglas implícitas a las que inconscientemente obedecemos y que deben ser explicitadas si queremos mejorar o cambiar esos comportamientos. El disparador de la reflexión es la *sorpresa*. En palabras de Dewey: “El conocimiento como acción consiste en traer algunas de nuestras disposiciones a la consciencia con el fin de salir de la perplejidad concibiendo la conexión entre nosotros y el mundo en el cual vivimos” (*Democracy* 369)<sup>93</sup>. Si nuestro comportamiento pro-

---

92 Una muy buena definición de esta reflexión disciplinada la da John Dewey en *Experience and education*: “To reflect is to look back over what has been done so as to extract the net meanings which are the capital stock for intelligent dealing with further experiences. It is the heart of intellectual organization and of the disciplined mind” (87) (Dewey). En nuestra traducción: “Reflexionar es mirar atrás sobre lo hecho y, de ello, extraer los elementos significativos que se constituyen en el conocimiento básico para manejar, de forma inteligente, las experiencias futuras. [La reflexión] es el corazón de la organización intelectual y de las mentes disciplinadas”.

93 “Knowledge as an act is bringing some of our dispositions to consciousness with a view to straightening out a perplexity, by conceiving the connection between ourselves and the world in which we live”.

duce los resultados que esperamos, no prestamos atención a ello; no reflexionamos sobre él y, por tanto, no desafiamos las reglas implícitas que lo rigen. Sin embargo, si nos encontramos con que nuestro comportamiento produce un resultado distinto al que esperamos, que no satisface nuestras expectativas, podemos reflexionar en ese momento acerca de por qué ocurre eso.

Imaginemos este caso; tenemos sobre nuestra mesa de trabajo una gran y pesada llave inglesa de hierro que usamos esporádicamente. Cuando la tomamos, ejercemos inconscientemente la fuerza de agarre y de levantamiento necesarias para el peso del instrumento. Un compañero bromista nos cambia la llave por otra idéntica, pero de plástico muy liviano. Cuando, desconocedores de la broma de nuestro amigo, tomamos la llave, la fuerza que imprimimos a la acción hace que levantemos el brazo, a gran velocidad, más arriba de nuestra cabeza. Experimentamos una sorpresa momentánea mientras nos damos cuenta de la broma. Por lo cual, la próxima vez que tomemos la llave estaremos advertidos, sobre todo si tenemos a nuestro amigo bromista cerca. La real creación de nuevo conocimiento se produce gracias a la sorpresa, mediante la solución del problema surgido por el no cumplimiento de nuestras expectativas<sup>94</sup>. Aristóteles destacó este factor sorpresa como fundamental en la creación de conocimiento. “[...] en efecto, los hombres -ahora y desde el principio- comenzaron a filosofar al quedarse maravillados ante algo, maravillándose en un primer momento ante lo que comúnmente causa extrañeza y después, al progresar poco a poco, sintiéndose perplejos también ante cosas de mayor importancia [...]” (*Metafísica* 76).

---

94 Es interesante anotar aquí que el concepto de *Expectativa* es fundamental en el esquema popperiano de desarrollo del conocimiento. La ciencia progresa de viejos a nuevos problemas en la medida en que nuestras expectativas sobre el comportamiento del mundo no coinciden con el comportamiento real de ese mundo. Cuando no se da tal coincidencia aparece el nuevo problema que es necesario resolver (Popper, *Conocimiento objetivo* 141).

Pero, precisamente, el trabajo normal del profesional práctico debe orientarse a hacer de su práctica una actividad con el menor número posible de sorpresas, de tal manera que pueda desarrollarla de manera óptima como un experto. A este respecto nos dice Schön:

En la medida que un profesional práctico adquiere experiencia sobre muchas variantes de un pequeño número de casos tipo, se hace más “perito” en su actividad. Desarrolla un repertorio de expectativas, imágenes y técnicas. Aprende qué mirar y cómo responder a lo que encuentra. Siempre que su campo de acción permanezca estable, en el sentido que le proporciona los mismos tipos de casos, este profesional está cada vez menos sujeto a la sorpresa. Su conocimiento práctico tiende a convertirse en tácito, espontáneo y automático, otorgándole tanto a él como a sus clientes el beneficio de la especialización (Schön 60)<sup>95</sup>.

Por otro lado, la especialización cuando es superlativa –la superespecialización– se convierte no en un facilitador sino en un obstáculo para el cambio pues limita la capacidad del profesional práctico de tener una visión panorámica y le reduce incluso la posibilidad de percibir situaciones o eventos que se salgan de la norma o la capacidad de tratar situaciones de su profesión de una manera holística. Un médico especializado en afecciones de la piel puede recetar cremas para el tratamiento de los problemas dérmicos de un paciente, pero se limita al momento de identificar causas que parecen ajenas al problema, como situaciones familiares o laborales que lleven a estados de estrés o depresión, estados que luego se somatizan en los tales problemas de piel.

---

<sup>95</sup> “As a practitioner experiences many variations of a small number of types of cases, he is able to “practice” his practice. He develops a repertoire of expectations, images, and techniques. He learns what to look for and how to respond to what he finds. As long as his practice is stable, in the sense that it brings him the same types of cases, he becomes less and less subject to surprise. His knowing-in-practice tends to become increasingly tacit, spontaneous, and automatic, thereby conferring upon him and his clients the benefits of specialization”.

La reflexión en la acción que desvela, en alguna medida, los supuestos tácitos y los marcos estrechos es la manera –y en eso seguimos a Schön– en que el profesional práctico puede comprender las reglas que guían su comportamiento y con ello puede someterlas a juicio crítico y cambiarlas si es necesario.

Cuando alguien reflexiona en la acción se convierte en un investigador en el contexto de la práctica. No depende de las categorías definidas por la teoría y la técnica establecidas, sino que construye una teoría de un caso único. Su investigación no se limita a deliberar sobre los medios que dependen de unos fines previamente establecidos. No mantiene separados los medios y los fines, sino que los define interactivamente mientras estructura una situación problemática. No separa el pensamiento de la acción razonando la manera de llegar a una decisión que luego convertirá en acción. Su experimento de reflexión es un tipo de acción, la implementación es parte de su investigación. Por lo tanto, la reflexión en la acción puede darse incluso en situaciones de incertidumbre o singularidad ya que no está limitada por las dicotomías de la racionalidad técnica (Schön 68)<sup>96</sup>.

Vemos en esta epistemología de la práctica de Schön un parecido con la epistemología popperiana de desarrollo del conocimiento científico. En ambos casos una situación problemática puede llevar al establecimiento de una nueva teoría que, en el caso de la ciencia, describa y explique de mejor manera los fenómenos

---

<sup>96</sup> “When someone reflects-in-action, he becomes a researcher in the practice context. He is not dependent on the categories of established theory and technique, but constructs a new theory of the unique case. His inquiry is not limited to a deliberation about means which depends on a prior agreement about ends. He does not keep means and ends separate, but defines them interactively as he frames a problematic situation. He does not separate thinking from doing, ratiocinating his way to a decision which he must later convert to action. Because his experimenting is a kind of action, implementation is built into his inquiry. Thus reflection-in-action can proceed, even in situations of uncertainty or uniqueness, because it is not bound by the dichotomies of Technical Rationality”.

del mundo y, en el caso de la práctica profesional, permita realizar de mejor manera la acción que se está ejecutando.

## 2.2. El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön

Basándose en la propuesta filosófica de la *Epistemología de la práctica* de Schön, este filósofo y el experto estadounidense en desarrollo organizacional Chris Argyris (1923–2013) plantearon una teoría con el objetivo de explicar el desarrollo del conocimiento en la solución práctica de problemas en las organizaciones humanas y en la interacción interpersonal. Llamaron a su teoría “Ciencia de la Acción” –*Action Science*–. Esta teoría busca explicar cómo se produce el conocimiento práctico<sup>97</sup> necesario para actuar de manera informada en la vida diaria y tomar decisiones efectivas (Argyris, Putnam y McLain 2). Inscriben su ciencia de la acción dentro del marco de la teoría de la agencia que enfatiza el rol de los agentes –los individuos que conforman la organización– en la determinación de los problemas pertinentes que limitan el adecuado desarrollo de la organización y en la solución de los mismos<sup>98</sup>: “La ciencia de la acción indaga cómo los seres humanos diseñan e implementan acciones en la relación con el otro” (4)<sup>99</sup>.

Por esta razón, la ciencia de la acción forma parte de las ciencias del comportamiento<sup>100</sup>. Esta indagación busca entender las

<sup>97</sup> En contraste con el conocimiento teórico o científico.

<sup>98</sup> Esta teoría de la agencia es parte de la Teoría crítica desarrollada por la Escuela de Frankfurt, que busca implicar a los agentes humanos en una autorreflexión orientada a transformar su mundo. En esta escuela filosófica destacan pensadores como Theodor Adorno, Walter Benjamin, Max Horkheimer y Jürgen Habermas. Para un análisis histórico de la Teoría crítica, ver el excelente artículo de Günter Frankenberg indicado en las referencias.

<sup>99</sup> En el original: “Action science is an inquiry into how human beings design and implement action in relation to one another”.

<sup>100</sup> También se identifican estas *Ciencias de la Acción* con el *Constructivismo*, ya que la categoría básica del constructivismo para el desarrollo del conocimiento es la acción (García 97).

dinámicas de la deliberación guiada por las normas y prácticas sociales vigentes en una comunidad institucional, que Argyris y Schön llaman *comunidad de práctica*, y busca también construir maneras de lograr acuerdos para manejarse efectivamente en la vida diaria. Esos acuerdos incluyen la revisión de las normas y prácticas sociales establecidas –sean tácitas o explícitas– y la construcción de nuevas normas y prácticas que guíen las decisiones y las acciones en tales comunidades.

La tesis central de las ciencias de la acción postula que las características de la deliberación racional en la ciencia son también las características de la deliberación en los asuntos de la vida práctica (Argyris, Putnam y McLain 2). La comunidad de investigadores, la importancia de los datos de la experiencia, las inferencias explícitas, la responsabilidad por la evidencia, la apertura a los argumentos, la lealtad a la lógica, la contrastación pública y la orientación del conocimiento a la acción son algunas de estas características.

En las instituciones humanas, los individuos deciden y actúan con base en las interacciones que se dan entre ellos, por lo que la ciencia de la acción es una ciencia de las relaciones sociales. Por esta razón, bajo una epistemología de conocimiento práctico, las comunidades de práctica<sup>101</sup> conforman la unidad de análisis fundamental, la unidad epistemológica significativa para un científico de la acción. Estas comunidades, igual que las comunidades científicas, mantienen una tradición histórica constituida por las

<sup>101</sup> Una comunidad de práctica es un grupo de personas que comparten conocimientos, ideas, preocupaciones, problemas y experiencias sobre un tema que los apasiona; tienen como objetivo profundizar, como individuos y como comunidad, en el conocimiento sobre ese tema mediante la interacción directa o mediada por la tecnología. Las comunidades de práctica pueden existir al interior de una institución –una comunidad de ingenieros que comparten conocimientos sobre comunicaciones ópticas en una compañía de telecomunicaciones– o pueden ser abiertas –una comunidad de aficionados a la astronomía–. Un tratamiento interesante sobre este tipo de comunidades se encuentra en el libro *Cultivating communities of practice* de Wenger *et al.*

prácticas sociales, prácticas que tiene que ver con las reglas y normas tácitas o explícitas que la comunidad utiliza para distinguir lo que es válido de lo que no lo es (Argyris, Putnam y McLain 11). Tales reglas y normas definen un discurso común y especifican una cultura propia que comparten los individuos de la comunidad de práctica: un mundo de significados compartidos<sup>102</sup>.

El científico de la acción debe indagar y hacer explícitas, en estas comunidades, las reglas tácitas que las rigen y debe, además, participar en la construcción de prácticas para llegar a acuerdos en la cotidianidad, actuando bajo valores como la validez de la información y la contrastación pública. Es decir, en este caso, como en el de las ciencias naturales, la aproximación a la verdad se logra mediante un proceso autocorrectivo de criticismo racional. Sin embargo, en las ciencias sociales, al contrario de las ciencias naturales, es importante el significado que se genera en la interacción. Lo específico de las ciencias sociales es que la comunidad de científicos sociales tiene como objeto de estudio otra comunidad, la comunidad de práctica, en la que las relaciones y las acciones se basan en la manera como esa comunidad, objeto de estudio, entiende y significa su mundo (Argyris, Putnam y McLain 22); significado que esos científicos deben captar. El problema aquí es que los científicos sociales necesitan, en cierta forma, hacerse miembros activos de la comunidad que estudian para captar adecuadamente los significados e intenciones que allí se presentan.

Entonces, la ciencia de la acción busca crear comunidades de indagación en las comunidades de práctica social, en las que las reglas y normas de decisión y de acción tienen como objetivo la generación de información válida y acción efectiva. Para ello la ciencia de la acción se enfoca en hacer reflexionar a las comunidades de práctica sobre estas reglas y normas, pues estas deter-

<sup>102</sup> En el artículo "What enables self-organizational behavior in businesses", el profesor de la Universidad de California, Henry Coleman, plantea la tesis de que la autoorganización se produce de forma natural cuando las personas de una empresa interactúan en redes que persiguen objetivos comunes; esto es, en Comunidades de práctica (33).

minan la capacidad del sistema para aprender (Argyris, Putnam y McLain 35).

Argyris y Schön entendieron que el conocimiento práctico se desarrolla mediante la comparación entre las acciones emprendidas por el individuo o por la organización —una empresa, por ejemplo— y la retroalimentación desde el ambiente<sup>103</sup> como respuesta a esas acciones. Esta comparación proporciona la información necesaria para llevar a cabo acciones subsiguientes. Debido a que las decisiones se toman siempre con información incompleta, o desde la incertidumbre, es necesaria esa retroalimentación contextual para incrementar la efectividad de las subsiguientes acciones (Argyris, "Single-Loop" 365). El proceso de desarrollo del conocimiento práctico, que es básicamente un proceso de solución de problemas es, pues, iterativo, un ciclo de aprendizaje o, más bien, una espiral de aprendizaje.

En este sentido, la propuesta de Argyris y Schön concuerda con el esquema de los Ciclos de Popper —*The Popper Cycles*— ya que estos ciclos popperianos son ejemplos de aprendizaje mediante retroalimentación (Woo 3). Es decir, procesos en los que los tomadores de decisiones aprenden de sus acciones cuando estas no cumplen sus expectativas, y por ello adaptan sus esquemas de decisión y su comportamiento de acuerdo con la retroalimentación proveniente del entorno. Para ellos, el aprendizaje es, como para Popper, un proceso de detección y corrección de errores, y, en ese sentido, definen el error como un conocimiento que lleva a una acción inefectiva (*cfr.* Argyris, "Single-Loop" 365). La diferencia es que el conocimiento involucrado no es un conocimiento cien-

<sup>103</sup> El ambiente, el entorno, en el caso de las organizaciones humanas está constituido por todos aquellos aspectos del mundo que, de alguna manera, inciden en el desarrollo de la organización al interactuar con ella. Aspectos tales como la tecnología, los socios, accionistas o inversionistas, los clientes, las empresas de la competencia, los distribuidores, los proveedores, las leyes y normas gubernamentales, las empresas calificadas de riesgos, la comunidad de influencia y el medioambiente biótico y abiótico, entre otros.

tífico sino un conocimiento práctico, un conocimiento surgido de la reflexión en la acción.

Sin embargo, a diferencia de Popper y yendo, a nuestro modo de ver, un paso más allá, Argyris y Schön identificaron explícitamente un doble lazo en el proceso iterativo antes mencionado<sup>104</sup>. Es decir, en lugar de un solo lazo como en el ciclo popperiano, ellos identificaron dos lazos en el ciclo de aprendizaje, por lo que llamaron a su esquema *Aprendizaje de doble ciclo*. Encontraron que en las organizaciones humanas –y en los individuos humanos– la dinámica normal de aprendizaje se amolda a uno de los dos lazos de aprendizaje que ellos llamaron el *Lazo simple de aprendizaje*. Este modelo de aprendizaje –el ciclo simple– es efectivo cuando el medio ambiente es estable o cuando el cambio es muy gradual y sin sobresaltos –cambio uniforme–, por lo que es fácil controlar la interacción con las variables ambientales pertinentes (Dick y Dalmau 16). Es un modelo conservativo que refleja la existencia de un *comportamiento adecuado* para cada situación del ambiente. Toda acción emprendida bajo la dinámica del lazo simple se orienta a cumplir con los principios de acción, que Argyris y Schön llamaron *governing values* o *governing variables*, y que pueden hacerse equivaler a los principios estratégicos normalmente tácitos de la organización, o a los principios de acción que consciente o inconscientemente rigen el comportamiento de los individuos –las reglas y normas–. Tales principios y sus relaciones conforman lo que Argyris y Schön llaman una *teoría de la acción*.

Cuando atribuimos teorías de la acción a los seres humanos, sostuvimos que toda acción deliberada tenía una base cognitiva, que reflejaba aquellas normas, estrategias y supuestos o modelos del mundo con pretensiones de validez general. Por lo tanto, decíamos que el aprendizaje humano no debía ser entendido en términos de “reforzamiento” o “extinción” de patrones de comportamiento<sup>105</sup>

<sup>104</sup> A pesar de que Popper identificó dos fases en todo proceso de desarrollo del conocimiento (fase dogmática y fase crítica), como expusimos anteriormente, nunca las explicitó en su esquema tetrádico.

<sup>105</sup> Como argumenta el conductismo.

sino como la construcción, prueba y reestructuración de cierto tipo de conocimiento. La acción y el aprendizaje humanos deben ser considerados en el más amplio contexto del conocer (Argyris y Schön 10)<sup>106</sup>.

Estos pensadores afirman, como vimos en el párrafo citado, que los principios de acción –*the governing variables*– son como mapas mentales –modelos mentales– que guían nuestras acciones. Tales mapas son estructuras cognitivas que subyacen a nuestro comportamiento. Incluso, y a modo de comparación, los sistemas automáticos de control –sistemas cibernéticos– construidos por el hombre cuentan con estos valores de gobierno. Un termóstato, por ejemplo, es un sistema regido por un lazo simple de aprendizaje. Dada una temperatura de referencia –*set point*–, el termóstato compara constantemente la temperatura del ambiente en un lugar cerrado como una habitación con esa referencia y, dependiendo de la diferencia, acciona el dispositivo enfriador o el calentador hasta que la diferencia sea inferior a cierto nivel. Es decir, toma una diferencia como entrada de información y, de acuerdo a unas reglas inscritas en el aparato –*governing values*–, dispara o no una acción de corrección.

La mayoría de las organizaciones y grupos humanos estudiados por Argyris y Schön se comportaban, en sus dinámicas de cambio y aprendizaje según el lazo simple. La investigación de estos autores llevó a la conclusión de que los seres humanos, tanto en su formación escolar como en su trabajo en las empresas, son aculturados para ser básicamente pensadores de lazo simple. Esto conduce a actitudes y comportamientos que limitan la exploración y la capaci-

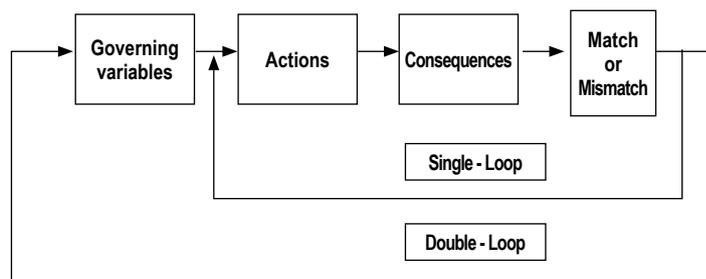
<sup>106</sup> “When we attributed theories of action to human beings, we argued that all deliberate action had a cognitive basis, that it reflected norms, strategies, and assumptions or models of the world which had claims to general validity. As a consequence, human learning, we said, need not be understood in terms of the “reinforcement” or “extinction” of patterns of behavior but as the construction, testing, and restructuring of a certain kind of knowledge. Human action and human learning could be placed in the larger context of knowing”.

dad de apreciar la información pertinente e inhiben la capacidad de aprender y de cambiar (*cf.* Argyris, “Single-Loop” 367).

El otro lazo, que ellos llamaron *Lazo doble de aprendizaje*, lleva a una dinámica de aprendizaje y de cambio mucho más potente que la del lazo simple. En este modelo, el aprendizaje implica la modificación incluso de los principios de acción (los *governig values* de Argyris y Schön). Es un modelo abierto al cambio y no imperativo, sino consensual, apropiado para ambientes rápidamente cambiantes y con alto grado de incertidumbre y ambigüedad.

Daremos el nombre de ‘Aprendizaje de lazo doble’ a esta clase de cuestionamiento organizacional que resuelve aquellas normas incompatibles a través de fijar nuevas prioridades y una nueva ponderación de dichas normas o a través de la reestructuración de las normas mismas, así como de las estrategias y asunciones asociadas con ellas (Argyris y Schön 24)<sup>107</sup>.

El esquema completo que muestra gráficamente la dinámica de aprendizaje del doble ciclo de Argyris y Schön, tal como fue propuesto por estos autores, se ilustra en la Figura 2.1. (Argyris, *On Organizational* 68):



**Figura 2.1.** El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön

<sup>107</sup> We will give the name "double-loop learning" to those sorts of organizational inquiry which resolve incompatible organizational norms by setting new priorities and weightings of norms, or by restructuring the norms themselves together with associated strategies and assumptions.

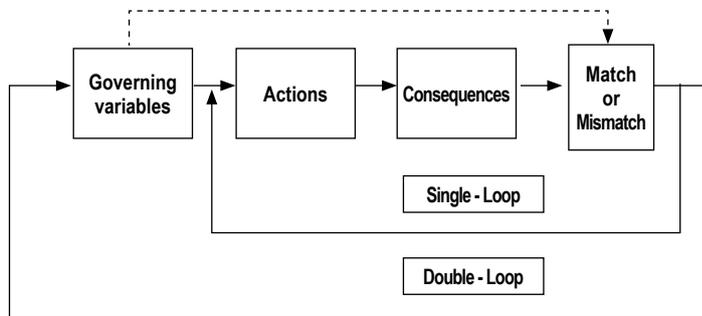
Este ciclo parte de que el aprendizaje es un cambio de conducta que surge cuando las personas crean significados al interactuar entre ellas. Es un proceso de construcción tanto individual como social de la realidad. Los individuos, mediante sus interacciones, son los agentes del cambio (Schön 265). Argyris encontró, en sus investigaciones, que la fuente del significado está en lo que él y Schön llaman la *Teoría de la acción en el uso* –la teoría que explica cómo se comporta un individuo o una organización– que es diferente a la *Teoría profesada* –la teoría que explica la creencia consciente, explícita o implícita, que ese individuo o esa organización tienen sobre su comportamiento–.

Un ejemplo sencillo que muestra, de manera clara, la diferencia entre la teoría expresada y la teoría en el uso es el de los caminos trillados. El gobierno municipal de una ciudad construye un parque, y traza en él algunas vías que lo atraviesan con el objeto de que la gente las use al caminar por el parque. Para ir de alguno de los lugares del parque como, por ejemplo, el sitio de los juegos infantiles a otros lugares, digamos la cafetería, el parque no cuenta con una vía directa. ¿Qué hace la mayoría de la gente? No usa la vía construida que implica un trayecto mayor, sino que atraviesa por el césped directamente entre el sitio de los juegos y la cafetería, construyendo con el tiempo un camino que, cada vez, usa más gente: un camino trillado. La teoría expresada es la definida en el diseño del parque que establece unas vías que, se supone, la gente utilizará. La teoría en el uso es la que determina el comportamiento real de la gente: el camino trillado.

Argyris y Schön afirman que las personas no son normalmente conscientes de la diferencia entre la teoría expresada y la teoría en el uso, y que los sistemas de aprendizaje organizacional y social refuerzan tal diferencia: enfatizan en la teoría expresada sin darse cuenta de la teoría que realmente se usa. La conclusión de Argyris es que para lograr un cambio en los comportamientos se requiere hacer conciencia primero de esa diferencia y, segundo, lograr un cambio en las teorías que la gente inconscientemente usa, así como en los sistemas de aprendizaje de las organizaciones. Eso puede obtenerse si se trabajan los procesos de razonamiento, es decir, aquellas actividades por medio de las cuales la gente crea

las premisas –los principios de acción– que luego son asumidas o que se prueban como válidas y de las cuales se sacan los lineamientos para actuar. En el gráfico de la Figura 2.1. estas premisas o principios de acción están representadas por el bloque rotulado *Governing variables*.

Ahora bien, vemos en ese gráfico que Argyris y Schön no consideraron incluir en su esquema una flecha adicional que conectara esos principios de acción con el bloque rotulado *Match or Mismatch*. Consideramos que esa flecha adicional es necesaria para expresar que una acción de comparación, como la que indica este último bloque, implica, al menos, dos entradas que se comparan. Es decir, desde nuestro punto de vista, el gráfico, en el que dibujamos esa flecha adicional en forma punteada, debería ser como se muestra en la Figura 2.2.:



**Figura 2.2.** El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön modificado

Esa flecha punteada muestra que cuando una organización humana –o un individuo– se enfrentan a unas consecuencias inesperadas de sus acciones –*Mismatch*–, esa comparación la hace contra sus principios de acción –*Governing variables*–, y como resultado, puede ocurrir que decida cambiar dichos principios buscando hacer coincidir las consecuencias de sus acciones con las expectativas que tiene. Para ello es necesario que haga explícitos tales principios. Es aquí donde ocurre –o debe ocurrir– la

reflexión racional que caracteriza las acciones humanas y donde se hace la pregunta: ¿por qué la realidad se muestra distinta a como pensamos que es?<sup>108</sup>

El aprendizaje, según Argyris y Schön, involucra la respuesta a esa pregunta que lleva a la detección y corrección de errores en la acción, siendo el error, como dijimos antes, cualquier característica de conocimiento que haga que la acción subsecuente sea inefectiva (Argyris, “Single-Loop” 365). En el aprendizaje de lazo simple se detectan y corrigen los errores en las estrategias de acción, pero manteniendo fijos, e incluso reforzando, los principios de acción de la teoría en uso. Es decir, se corrigen los errores que no se salgan del marco establecido por las reglas y normas que rigen las decisiones y las acciones. Es la acción de girar el timón del barco para corregir el rumbo de tal manera que se mantenga según la meta fijada de antemano. Este tipo de aprendizaje está orientado a la eficiencia, a hacer cada vez mejor lo que sabe hacerse.

En el aprendizaje de doble ciclo, en cambio, se ponen en tela de juicio también los principios de acción. En nuestra metáfora del barco, el aprendizaje de doble ciclo equivale a fijar un nuevo rumbo al barco, una nueva dirección. La orientación es a la eficacia a lo que debe saber hacerse y no a lo que se sabe hacer. “Solo poniendo en tela de juicio y cambiando las variables de gobierno es posible generar nuevas estrategias de acción que afronten con éxito las circunstancias cambiantes” (Smith 5)<sup>109</sup>. En este sentido, las empresas y en general las organizaciones humanas son entidades cognitivas, empresas de conocimiento. Dicen Argyris y Schön al respecto: “De aquí que nuestra investigación sobre el aprendizaje organizacional no tiene que ver con entidades estáticas llamadas

<sup>108</sup> Vemos que esa misma pregunta se plantea la ciencia, y reducir esa distinción es el objetivo del desarrollo científico.

<sup>109</sup> “It is only by interrogating and changing the governing values, the argument goes, is it possible to produce new actions strategies that address changing circumstances”.

organizaciones sino con un proceso activo de organización que es, en sus fundamentos, una empresa cognoscitiva” (16)<sup>110</sup>.

Aquí es importante aclarar que el ciclo popperiano no es equivalente al lazo simple de Argyris y Schön ni tampoco al lazo doble. Es más bien como una síntesis de ambos lazos en uno. Esa equivalencia se ve claramente cuando interpretamos el lazo popperiano mediante las dos fases o aspectos del aprendizaje que el mismo Popper definió, aunque no representó en su esquema: la fase dogmática, que se asimila al ciclo simple de Argyris, y la fase crítica que puede corresponderse con el ciclo doble. En la fase dogmática, el aprendiz se mantiene regido por los principios que considera válidos –los dogmas– y sus acciones se dan de acuerdo con esos principios. Aquí un problema se interpreta como algo que puede resolverse sin cambiar los principios; el *enigma* kuhniano. En la fase crítica, el problema se resiste a ser resuelto bajo esos principios. Para resolverlo, es necesario atacar el dogma mismo, que es puesto en cuestionamiento y subsecuentemente cambiado por otro dogma que haga acorde o que aproxime mejor las evidencias de los hechos con las expectativas (Popper, *Unended Quest* 47).

Las organizaciones humanas que, en general, son de estructura básicamente piramidal<sup>111</sup> facilitan el aprendizaje de ciclo o lazo simple y dificultan el aprendizaje de doble ciclo o doble lazo. Cuando se tienen las condiciones para mantener el aprendizaje de lazo simple, una organización humana siempre transitará por ese lazo. El paso a la dinámica de aprendizaje de lazo doble solo suele ocurrir bajo la presión de una crisis extrema o de una revolución

<sup>110</sup> “Hence, our inquiry into organizational learning must concern itself not with static entities called organizations, but with an active process of organizing which is, at root, a cognitive enterprise”.

<sup>111</sup> La estructura piramidal de una organización se caracteriza porque las estrategias y decisiones se definen en la cima (el gerente o grupo directivo) y una jerarquía de mandos medios hace cumplir tales decisiones que se convierten en acciones en la base de la pirámide. La información fluye, en esta estructura, de arriba hacia abajo. El ejército es el ejemplo más claro de una organización con estructura piramidal.

(Argyris, “Single-Loop” 373). Vemos que, en este sentido, Argyris y Schön concuerdan, en teoría organizacional, con la posición epistemológica que asumió el filósofo y sociólogo de la ciencia estadounidense Thomas Kuhn, ya que para este filósofo el proceso de desarrollo del conocimiento científico presenta una doble dinámica. Es tanto *gradualista*, –proceso lineal y homogéneo–, en los períodos de ciencia normal en los que la tradición desempeña un papel regulador, como *emergentista* en los períodos de revoluciones científicas, en los que se presentan o emergen los cambios revolucionarios.

Haciendo la analogía con la visión kuhniana, el lazo simple de aprendizaje es característico de la *ciencia normal*, mientras que el lazo doble corresponde a los períodos de *revoluciones científicas*<sup>112</sup>. En este aspecto Popper no estaba tan alejado de Kuhn, aunque haya asumido una posición esencialmente emergentista, como puede leerse en el siguiente párrafo de su “Epistemología sin sujeto cognoscente”:

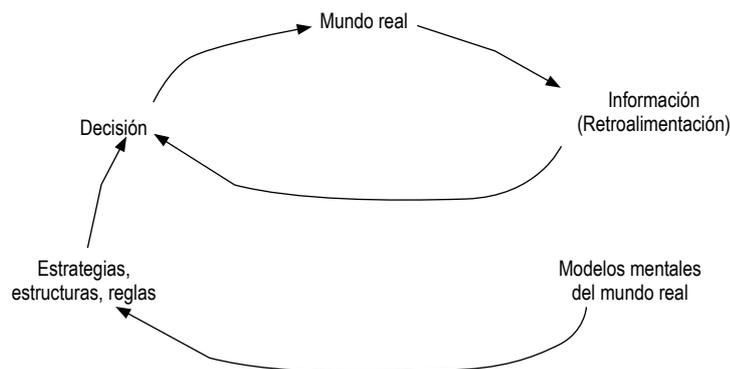
Por lo tanto la vida procede, igual que el descubrimiento científico, de viejos problemas hacia el descubrimiento de problemas nuevos y ni siquiera soñados. Y este proceso –el de invención y selección– contiene, en sí mismo, una teoría racional de la emergencia. Los peldaños de esa emergencia, que llevan a un nuevo nivel son, en primera instancia, los nuevos problemas ( $P_2$ ) que surgen del proceso de eliminación de errores (EE) en una solución teórica tentativa (TT) a un viejo problema ( $P_1$ ) (*Objective knowledge* 146)<sup>113</sup>.

<sup>112</sup> No estamos considerando aquí la forma en que, según Kuhn, se dan esas revoluciones y para lo cual existe un amplio debate en la comunidad filosófica. Ver, por ejemplo, la posición de Stephen Toulmin al respecto en *La comprensión humana* (109).

<sup>113</sup> “Thus life proceeds, like scientific discovery, from old problems to the discovery of new and undreamt-of problems. And this process –that of invention and selection– contains in itself a rational theory of emergence. The steps of emergence which lead to a new level are in the first instance the new problems ( $P_2$ ) which are created by the error-elimination (EE) of a tentative theoretical solution (TT) of an old problem ( $P_1$ )”.

En *Conjeturas y refutaciones* afirma también Popper esa posición emergentista: “[...] cuando hablo del desarrollo del conocimiento científico, lo que tengo *en mente* no es la acumulación de observaciones, sino el repetido derrocamiento de teorías científicas y su reemplazo por otras mejores o más satisfactorias” (264). Aquí, el filósofo austriaco muestra claramente que en su esquema tetrádico se privilegia la fase crítica en el desarrollo del conocimiento sobre la fase dogmática. En esta, si bien no se da la emergencia, el conocimiento tiene un desarrollo del tipo de consolidación y perfeccionamiento de la consistencia lógica de las teorías científicas, así como del mejor ajuste de las mismas a los datos de la observación. Es el período de la *ciencia normal*, en la visión kuhniana, período en el que los científicos se dedican a resolver los enigmas lógicos y empíricos –los acertijos– que plantea la teoría. En lo que no concuerda Popper con Kuhn es en la *forma* en la que se da la revolución y la emergencia de la nueva teoría. Sin embargo, no es el objetivo de este libro entrar aquí en ese debate.

Otra manera de representar el lazo simple de Argyris y Schön, y que tiene una mayor capacidad explicativa que la original de esos autores por la claridad con que muestra los distintos elementos del lazo, la presenta John Sterman en su libro *Business Dynamics* (16):



**Figura 2.3.** El lazo simple de aprendizaje según Sterman

En este gráfico, el sistema –cualquier entidad que aprende– recibe del mundo real<sup>114</sup> una información de retroalimentación como respuesta a su acción sobre ese mundo. Tal información es interpretada por el sistema, con base en sus modelos mentales, bien implícitos o bien explícitos, expresados en estrategias, estructuras políticas y reglas de acción –los principios de acción o *governing values* de Argyris y Schön–. En este lazo simple de aprendizaje, los modelos mentales y, por tanto, las estrategias, estructuras, políticas y reglas que gobiernan las decisiones, permanecen inalteradas. El sistema solo puede responder como está “programado” para hacerlo. Podemos identificar, en cierta forma, estos modelos mentales sobre el mundo con los paradigmas de Kuhn o con el concepto de *conjetura profunda*<sup>115</sup> de Popper, que este filósofo también denomina, a nuestro parecer más apropiadamente, *Horizonte de expectativas* (Popper, *Unended Quest* 55).

En consonancia con la Figura 2.3., y con el esquema de la Figura 2.2., el esquema correspondiente de Sterman (19) para el lazo doble de aprendizaje se muestra en la Figura 2.4.

Este esquema se diferencia del anterior porque existe una doble interacción entre la información que retroalimenta el mundo al sistema y los modelos mentales –*governing values*–, con los que el sistema interpreta ese mundo. Se crea entonces un segundo lazo de aprendizaje en el que los mismos modelos mentales son puestos en entredicho y reestructurados, con lo cual surgen nuevas maneras de interpretar el mundo –se amplía el horizonte de expectativas popperiano– y con ello se originan nuevas estrategias, estructuras,

<sup>114</sup> Sterman utiliza la expresión *Mundo real* para lo que hasta aquí hemos venido llamando *Entorno* o *Medio*. Tomamos tal expresión de forma literal dejando de lado cualquier otra interpretación filosófica sobre este tema.

<sup>115</sup> La conjetura profunda popperiana es la conjetura, muchas veces inconsciente, con la que definimos el rango de los posibles ensayos que nos es permitido hacer para resolver un problema. Este rango está determinado por el mismo problema y por la teoría vigente dentro de una disciplina científica en la que ese problema se presenta (Popper, *Unended Quest* 49).

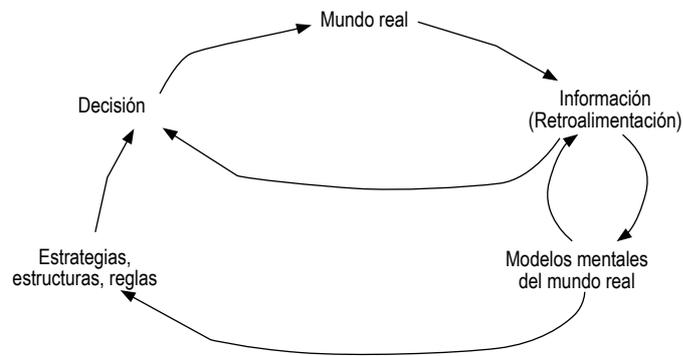


Figura 2.4. El doble lazo de aprendizaje según Stermán

políticas y reglas de decisión que llevan a actuar de una manera distinta, y posiblemente más efectiva, sobre ese mundo.

Es interesante resaltar que este último gráfico de Stermán considera, en ese doble lazo situado entre los rótulos de *Modelos mentales del mundo real* e *Información*, la flecha punteada que agregamos al gráfico original de Argyris y Schön y que ilustramos en la Figura 2.2. Esta flecha es la que parte del rótulo *Modelos mentales del mundo real* y termina en el rótulo *Información*.

Resumamos las ideas básicas de Argyris y Schön antes de hacer algunas anotaciones nuestras a su propuesta. Las organizaciones humanas, según estos pensadores, construyen y desarrollan conocimiento práctico; conocimiento que surge directamente de la experiencia, de la reflexión en la acción y que, en parte explicitado y organizado, posibilita tomar decisiones inteligentes en el momento de la acción. Es pues, un conocimiento en la acción. En la medida en que este conocimiento es sistematizado<sup>116</sup> se convierte en lo que podríamos llamar un *capital Intelectual* de la organi-

<sup>116</sup> La palabra “sistematizado” aquí no se refiere necesariamente a la utilización de medios informáticos. Lo que se quiere expresar es que el conocimiento se organiza como sistema explicitando de esa forma sus elementos fundamentales y las relaciones entre ellos.

zación que puede ser usado de manera efectiva para enfrentar con éxito las amenazas que surgen del entorno y para aprovechar las oportunidades que ese mismo entorno presenta.

El conocimiento práctico radica principalmente en el conjunto de normas, estrategias, estructuras y reglas de decisión y de acción, que tácitas o explícitas, rigen el comportamiento de la organización. A ese conjunto lo llamaremos, para abreviar, *Principios de la acción –governing values* según Argyris y Schön—. Tales principios y sus relaciones constituyen un modelo para la acción. Ese modelo, que en los gráficos mostrados en este capítulo hemos denominado *Modelo mental*, es realmente una teoría de la acción. Es el análogo de los axiomas y postulados en los que se basa una teoría científica. Pero, en el caso de las organizaciones humanas, ocurre que ese modelo, esa teoría, tiene dos facetas.

La primera faceta corresponde a lo que Argyris y Schön llaman la *teoría profesada* o expresada que contiene aquellos principios acordados y hechos explícitos mediante su publicación escrita o mediante el relato oral cotidiano. La otra faceta corresponde a lo que esos autores llaman la *teoría usada*, conformada por aquellos principios, la mayoría tácitos, que la gente de la organización realmente usa cuando toma decisiones y emprende acciones. Reflexionar en la acción implica hacer conscientes esos principios tácitos, esa teoría usada que se constituye en el verdadero modelo mental de la organización, para aprender cómo corregir los errores y tomar decisiones efectivas. Reflexionar en la acción es acostumbrarse a transitar conscientemente por el lazo doble del ciclo del aprendizaje. En este sentido: “El aprendizaje organizacional debe ser entendido como la contrastación y reestructuración de las teorías de la acción organizacionales” (Argyris y Schön 11)<sup>117</sup>. Cambiar o reestructurar las teorías de la acción es, en realidad, cambiar o reestructurar los principios de la acción que ellos denominaron *Governing variables*. Es este pues un proceso de reestructuración cognoscitiva que, más que análogo, es homólogo con el proceso

<sup>117</sup> “Organizational learning might be understood as the testing and restructuring of organizational theories of action”.

de reestructuración cognoscitiva que definimos cuando hablamos del cambio en las poblaciones biológicas<sup>118</sup>. Los principios de la acción son, siguiendo con la homología, el ADN organizacional.

### 2.3. Anotaciones a Argyris y a Schön

Argyris y Schön, como pensadores de la organización, orientados en su investigación a entender cómo las empresas pueden ser más efectivas, describen la forma como se da en ellas el aprendizaje mediante su doble lazo, pero, a nuestro parecer, no se sumergen más profundamente para entender qué elementos y qué interacciones entre ellos dan origen a tal dinámica.

En su libro *Organizational learning. A theory of action*, estos investigadores se hacen la siguiente pregunta que sirve de título al primer capítulo: “*What is an organization that it may learn?*” Esta pregunta podemos traducirla como ¿qué tipo de entidad es una organización que tiene la capacidad de aprender? Para intentar una respuesta a esta pregunta parten de definir cuándo un conjunto de personas se convierte en una organización. Es necesario y suficiente, según ellos, que en ese conjunto de personas se den tres condiciones (13):

1. La existencia de un procedimiento para tomar decisiones en nombre de la colectividad.
2. La existencia de un procedimiento para delegar en algunos individuos la autoridad para actuar en representación del colectivo.
3. La existencia de límites entre ese colectivo de individuos y el resto del mundo.

Nosotros consideramos que, si bien las anteriores condiciones son necesarias, no son suficientes. Creemos que es imprescindible adicionar una cuarta condición que debería incluso presentarse en primer lugar. Esa condición es “la existencia de un procedimien-

<sup>118</sup> Recordemos lo que se dijo en este libro, en el apartado 1.7 (El proceso tetradico popperiano), sobre analogía y homología y por qué preferimos usar este último término.

to para percibir cambios significativos en el *medioambiente* de la organización”. Es necesario precisar en la condición anterior dos aspectos. El primero tiene que ver con la expresión “medioambiente”. En las organizaciones humanas podemos hablar de dos tipos de ambientes en los cuales se da la actividad de la organización: uno es el *ambiente externo* compuesto, como ya dijimos, por aquellos actores cuya dinámica de interacción con la organización incide en el desarrollo<sup>119</sup> de la misma. Entre estos actores externos están los accionistas o inversionistas, los clientes, las empresas de la competencia, los distribuidores, los proveedores, las leyes y normas gubernamentales, las empresas calificadoras de riesgos, la comunidad de influencia, las tecnologías y el medioambiente biótico y abiótico. Con este medio externo es que una organización humana debe lograr el acople estructural efectivo, –lo que hemos llamado *coherencia externa*–. El otro es el *ambiente interno* constituido por aquellos aspectos de la organización que, como subsistemas de la misma y gracias a su interacción, mantienen el equilibrio, por así decirlo homeostático, de esa organización –lo que hemos llamado *coherencia interna*–.

El segundo aspecto que debemos precisar se refiere a la expresión “cambios significativos”. Decimos que un cambio es significativo si puede afectar la capacidad de la organización para permanecer en la existencia, logrando un acople estructural efectivo con su medioambiente. Traigamos aquí, a modo de ilustración, un ejemplo de la historia de las civilizaciones. La civilización Maya, que floreció en lo que hoy es la península de Yucatán en el sur de México, Guatemala, Belice y partes de Honduras y El Salvador alcanzando su máximo esplendor hacia finales del siglo ix y principios del siglo x, no supo “ver” que la intensa deforestación de los bosques causada por ellos produjo una sequía prolongada que llevó a una profunda escasez de alimentos, y con ello, al colapso del imperio<sup>120</sup>. Ese cambio significativo en el ambiente mostró la

<sup>119</sup> Entendiendo aquí por “desarrollo” no solo el *mantenerse la organización en la existencia* sino también en prosperar continuamente.

<sup>120</sup> Esta es la teoría mejor aceptada por la comunidad científica pues viene respaldada por evidencias observacionales muy sólidas. Un trata-

incapacidad del imperio Maya para lograr un acople estructural efectivo y, por tanto, llevó a su desaparición.

A nuestro modo de ver, las condiciones necesarias y suficientes para que un colectivo de personas se convierta en una organización –un sistema– son:

1. La existencia de un procedimiento para percibir cambios significativos en el medio ambiente, tanto interno como externo.
2. La existencia de un procedimiento para tomar decisiones en nombre de la colectividad.
3. La existencia de un procedimiento para delegar en algunos individuos la autoridad para actuar en representación del colectivo.
4. La existencia de límites entre ese colectivo de individuos y el resto del mundo.

¿Por qué consideramos que estas condiciones son necesarias y suficientes? Simplemente porque un colectivo de personas que las cumpla satisface los requerimientos básicos de todo sistema que se autoorganiza. Este tipo de sistemas puede ser definido como un conjunto de elementos que interactúa y que, como resultado de tal interacción, emerge un límite entre dicho conjunto de elementos y el medio circundante y emerge<sup>121</sup> también un comportamiento con el cual ese conjunto de elementos interactuantes se relaciona, como un todo, con dicho medio. Las condiciones 1 y 3 nos definen ese comportamiento relacional entre el colectivo y el entorno<sup>122</sup>. Las condiciones 2 y 3 nos indican la existencia de toda

---

miento más amplio se encuentra en la página Web: *Ciencia@NASA*. 15 nov. 2004 < [http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2004/15nov\\_maya/](http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2004/15nov_maya/) >

<sup>121</sup> El hecho de la “emergencia” tanto del límite como del comportamiento es la característica de todo sistema que se autoorganiza y que mantiene esa organización en la interacción con su entorno.

<sup>122</sup> El comportamiento relacional es bidireccional en el sentido de toda interacción. El colectivo actúa sobre el entorno, pero también es influenciado o perturbado por este.

una dinámica de interacción entre los elementos del colectivo. La frontera entre el colectivo y el entorno nos la expresa la condición 4. ¿Cuáles son esos límites, esa frontera? Son tanto los límites de naturaleza legal definidos en los estatutos de la organización, si los tiene, como, y principalmente, los límites de naturaleza cultural que emergen de la manera en que el colectivo se organiza internamente para percibir el mundo, para crear y mantener la dinámica de interacción entre sus elementos y para actuar sobre el mundo. Esa identidad cultural surge pues de las normas y prácticas sociales tácitas o explícitas –la teoría de la acción– que rigen el comportamiento del colectivo y que Argyris y Schön buscan comprender a través de su ciencia de la acción.

Para responder a la pregunta de Argyris y Schön - ¿qué tipo de entidad es una organización que tiene la capacidad de aprender? – expuesta al principio de este acápite, podemos partir del concepto popperiano de los organismos biológicos como *solucionadores constantes de problemas*<sup>123</sup>. Popper dice: “Todos los organismos son solucionadores constantes de problemas; aun cuando no sean conscientes de la mayoría de los problemas que tratan de resolver” (“Natural selection” 343)<sup>124</sup>. Esta frase de Popper es, básicamente, una expresión para los organismos biológicos de su esquema tetrádico y de su posición filosófica sobre el desarrollo de las disciplinas científicas como una actividad que consiste en ir, constantemente, de viejos problemas a nuevos problemas. Ese “ir de viejos a nuevos problemas” equivale a recorrer un camino interminable, tanto en ciencia como en biología y, como veremos, también en el campo de las organizaciones humanas; un camino en el que un problema resuelto abre un sinnúmero de otros nuevos problemas al incrementar el *horizonte de expectativas*, como indica Popper. Argyris y Schön lo expresan así con relación a las organizaciones humanas: “Empezamos a sospechar que no hay ningún estado estable aguar

---

<sup>123</sup> Ese concepto de solucionadores constantes de problemas es otra pista que nos da Popper para la construcción de nuestro caso.

<sup>124</sup> “All organisms are constant problem solvers; even though they are not conscious of most of the problems they are trying to solve”.

dándonos en el horizonte. Por el contrario, nuestra capacidad para resolver problemas parece multiplicar los problemas” (9)<sup>125</sup>.

¿Qué es un solucionador constante de problemas? Es simplemente un organismo o, en términos más generales, todo sistema capaz de relacionarse con un entorno y de aprender de esa relación; es decir, es capaz de cambiar en el proceso. Ahora bien, preguntémosnos acerca de los servomecanismos<sup>126</sup> que pueden controlar el estado de un sistema ante cambios en una o algunas variables del entorno: ¿son estos sistemas capaces de aprender y de cambiar en el proceso? ¿Son solucionadores constantes de problemas? Para verlo más claramente imaginemos un termóstato en una habitación. El funcionamiento del termóstato consiste en mantener la temperatura de la habitación dentro de un rango de valores agradable para las personas que allí se encuentren. Supongamos que la habitación va a ser usada para reuniones de un grupo de personas de un país ecuatorial. Si la temperatura sube más allá de un nivel agradable para ellos, el termóstato trabaja activando el aire acondicionado para que la temperatura vuelva a situarse más abajo de ese nivel umbral. Si la temperatura baja más allá de otro nivel inferior, el termóstato actúa de nuevo activando el calefactor para que la temperatura en la habitación vuelva al rango definido. El termóstato se mantiene en esta danza constante dependiendo de la temperatura que mida en el ambiente. ¿Qué sucedería si la habitación se convierte, por un tiempo, en el sitio de reunión de un grupo de esquimales? Es claro que ellos querrán que la temperatura de la habitación se mantenga en un rango inferior al que era considerado agradable por los habitantes del trópico. ¿Qué se debe hacer? Simplemente alguien debe cambiar los valores de

<sup>125</sup> “We begin to suspect that there is no stable state awaiting us over the horizon. On the contrary, our very power to solve problems seems to multiply problems”.

<sup>126</sup> *Servomecanismo* es un término usado en ingeniería para denotar todo mecanismo construido por el hombre y que regula automáticamente el estado de un sistema ante cambios en el valor de una variable del sistema o de su entorno para que ese sistema mantenga su estado dentro de unos límites previamente fijados.

referencia para los niveles umbral de tal manera que el termóstato cumpla su trabajo dentro de esos nuevos valores. El termóstato no pudo cambiar por sí mismo. Un agente externo –el encargado del termóstato– tuvo que fijar los nuevos niveles umbral. En este sentido el termóstato soluciona un problema dada unas condiciones iniciales, pero *no es capaz de cambiar esas condiciones*. No es capaz de cambiar su dinámica interna de funcionamiento. No es, por tanto, un solucionador *constante* de problemas. Aquí la palabra “constante” es fundamental porque es la que indica que el organismo persigue, consciente o inconscientemente, un propósito de resolver los problemas que se vayan presentando incluidos aquellos problemas que impliquen, para su solución, el cambio de las condiciones que rigen la misma solución de problemas. El termóstato es un sistema heterónimo pues un agente externo tiene que resolver, por él, ese problema no considerado en sus condiciones iniciales.

Esto nos lleva a que un organismo o sistema que aprende de la experiencia debe ser *autónomo*. Él mismo, desde su dinámica organizativa interna, debe ser capaz de solucionar, de manera *constante* aquellos problemas que se le vayan presentando. La solución la logra cambiando precisamente esa dinámica organizativa interna, de tal manera que cambie, de manera efectiva, su conducta frente a cambios en el entorno. Ese cambio en su dinámica organizativa interna es un aprendizaje. En el artículo titulado “A universal definition of life: autonomy and open-ended evolution”, los biólogos Kepa Ruiz-Mirazo, Juli Pereto y el filósofo de la biología Álvaro Moreno definen la autonomía en los seres vivos así:

[...] por autónomo entendemos un sistema alejado del equilibrio que se constituye y mantiene a sí mismo estableciendo una identidad organizacional, una unidad (homeostática y activa) funcionalmente integrada basada en un conjunto de acoples endergónicos-exergónicos<sup>127</sup> entre los procesos autoconstructivos

<sup>127</sup> En química una reacción endergónica es aquella que consume o absorbe energía del medio circundante. Por ejemplo, un trozo de hielo se descongela absorbiendo calor del medio. Una reacción exergónica, en cambio,

internos, así como con otros procesos de interacción con su entorno (330)<sup>128</sup>.

Con base en lo anterior, podemos rebautizar a los organismos solucionadores constantes de problemas popperianos que aprenden de su interacción con el entorno a través del propósito de mantener su dinámica organizativa interna con el más ajustado nombre de *Sistemas cognoscentes autónomos*. Decimos “más ajustado” porque, a nuestro parecer, esa denominación describe mejor lo que tales sistemas son.

En este libro entenderemos entonces por *sistema cognoscente autónomo* a una entidad, un individuo distinto del medio circundante que interactúa con ese medio en una interacción de conocimiento; es decir, una interacción en la cual el sistema percibe aspectos de su medio, los interpreta según su naturaleza y según la historia de anteriores interacciones –la interpretación implica la existencia de una estructura mnemónica en el interior del sistema que registra esa historia de interacciones–, toma decisiones por sí mismo, decisiones que, de ser necesario, lo llevan a cambiar su estructura interna y por ende su comportamiento y, desplegando ese nuevo comportamiento, actúa sobre el medio –tanto interno como externo– con miras a preservar su integridad como sistema ajustando sus expectativas a las condiciones actuales de ese medio. Ahora bien, es *cognoscente* en cuanto toda relación que establece

---

es aquella que entrega energía al medio. Por ejemplo, un proceso de combustión genera calor que es entregado al medio. Para un tratamiento más amplio del concepto de autonomía puede consultarse el libro *El fenómeno de la vida* del biólogo chileno Francisco Varela (51).

<sup>128</sup> “[...] by autonomous we understand a far-for-equilibrium system that constitutes and maintains itself establishing an organizational identity of its own, a functionally integrated (homeostatic and active) unit based on a set of endergonic-exergonic couplings between internal self-constructing processes, as well as with other processes of interaction with its environment”.

con su medio es una relación de significado: significado para la supervivencia del sistema.

La autonomía, por otro lado, quiere decir que la influencia del medio sobre el sistema no es instructiva. El sistema manifiesta clausura operacional<sup>129</sup> y, por tanto, el medio no determina los estados internos del organismo, sino que solamente crea perturbaciones que pueden iniciar el proceso de cambio en esos estados internos, pero el cambio propiamente dicho lo produce el sistema cognoscente con base en su naturaleza dada por la red de relaciones entre sus componentes y por la naturaleza de esos componentes. Este cambio, cuando implica una reorganización estructural del sistema –que aquí, cuando hablamos de los sistemas biológicos, organismos individuales y poblaciones de organismos, hemos denominado *reestructuración cognoscitiva*–, lleva a una nueva conducta que antes no manifestaba el sistema. Tal cambio de estructura-conducta es aprendizaje<sup>130</sup>. En definitiva, los sistemas cognoscentes autónomos “aprenden”.

---

<sup>129</sup> La clausura operacional se refiere a que el sistema es abierto a los flujos de materia, energía e información, pero cerrado en cuanto al conocimiento. El cambio estructural en el sistema solo se da por la dinámica de sus procesos internos.

<sup>130</sup> El biólogo chileno Francisco Varela (1946–2001) tiene una concepción muy similar a la anterior para los sistemas cognoscentes autónomos; él los llama *sistemas perceptivos autónomos* y los define así: “Un sistema perceptivo autónomo [es] una colección de estructuras activas que se auto-corrigen, capaces de informar (o determinar) su entorno circundante en un mundo, a través de una historia de su acoplamiento estructural con él” (“Haciendo” 50). Esta visión nos muestra un elemento esencial: la covariación; un sistema cognoscente autónomo covaría con su entorno, con su mundo, en una especie de danza de cambio conjunta; ninguno determina al otro unidireccionalmente; ambos varían en estrecha correlación, en un abrazo de co-estructuración mutua. Esta es la esencia del acople estructural, que también nos lleva a resaltar otro punto importante: para el sistema cognoscente autónomo no existe el mundo como algo ajeno e inalterable en la interacción con él; para estos sistemas, parafraseo

Como podemos inferir de lo aquí dicho, y de lo que antes expusimos sobre los conceptos popperianos de *causación próxima* y *causación lejana* en relación con el acople que se construye entre un organismo biológico y su medioambiente, las poblaciones de organismos de una misma especie, así como, en algunos casos, los organismos individuales, son, de acuerdo con Popper, solucionadores constantes de problemas y, por tanto, son sistemas cognoscentes autónomos. Además, siendo consecuentes con Popper, que aplica su esquema tetrádico tanto a la evolución biológica como al desarrollo de las disciplinas científicas, estas también serían sistemas cognoscentes autónomos. En el capítulo 5 de este libro trataremos con mayor detalle este tema, pues allí exploraremos la respuesta a la pregunta: ¿cómo se da el progreso en la ciencia? Desde la perspectiva que proponemos en nuestra investigación de reformular a Popper según la visión del aprendizaje de Argyris y Schön.

En este sentido, ¿qué podemos decir sobre las organizaciones humanas? La respuesta la podemos encontrar en la medida en que podamos responder a la pregunta planteada por Argyris y Schön = ¿qué tipo de entidad es una organización que tiene la capacidad de aprender? =diciendo que una organización humana que cumpla las condiciones definidas por Argyris y Schön más la condición que agregamos y que consideramos necesaria, es, desde la definición que acabamos de dar, un sistema cognoscente autónomo y por ello tiene la capacidad de aprender. ¿Por qué podemos decir eso?

Para entenderlo es importante precisar que los colectivos humanos organizados toman dos tipos de decisiones en orden a conservar su integridad; es decir, su capacidad de mantenerse en la existencia. El primer tipo de decisiones se traduce en acciones sobre el entorno con el objeto afrontar las amenazas o de aprovechar las oportunidades que el entorno les presenta. El segundo tipo de decisiones se traduce en acciones al interior de la organización que

---

seando a Varela, existe su mundo, ese mundo relevante con significado “[...] que es inseparable de su vivir” (*El fenómeno* 209). La realidad no es como es ella sola, es como un “somos”, una unidad indisoluble conocido-cognoscente.

llevan al cambio, no solo de los elementos que la constituyen, sino también de su dinámica de interacción. Con esto se explicita el alcance del término “decisiones” expresado en la condición número dos de Argyris y Schön antes indicada.

Concluimos entonces que una organización humana es cognoscente porque percibe su medio y actúa con base en esa percepción y en su dinámica interna, y es autónoma en cuanto a que esa dinámica interna y el comportamiento que emerge de la misma solo cambian debido a decisiones –conscientes o inconscientes– tomadas dentro de la organización. Tales decisiones de cambio se reflejan tanto en la teoría expresada como en la teoría usada, según los términos de Argyris y Schön.

Veamos el caso de una empresa industrial que, como tal, produce bienes de consumo; por ejemplo, una empresa que fabrique telas. Ella percibe su medioambiente a través de procesos de análisis del entorno tales como el análisis de la competencia, el análisis del mercado, el análisis de las necesidades del cliente, el monitoreo de su huella ambiental, el monitoreo de la tecnología y, en el caso de su medio interno, el monitoreo del clima laboral o el monitoreo de la eficiencia de sus procesos internos. En el caso de nuestra empresa de textiles, la competencia son las otras empresas, tanto nacionales como internacionales, productoras de telas. Los clientes son las empresas de confección y también las personas individuales con sus gustos por este o aquel tipo de tela, por este o aquel tipo de urdimbre en el tejido. Por su parte, el mercado involucra a los canales de distribución y los almacenes de venta al consumidor final, los proveedores y las casas de moda. Por lo anterior, el impacto ambiental puede mirarse desde la perspectiva de qué tanto afecta la empresa por su operación o sus productos el medio biótico y abiótico que la rodea.

Las situaciones de cambio significativas que perciba en el medioambiente pueden presentar para la empresa amenazas para su supervivencia, pero también oportunidades de crecimiento. La amenaza y la oportunidad pueden verse como las dos caras de una misma moneda. Sin embargo, estas situaciones *no determinan* lo que la empresa hará al respecto. Mediante los procesos de percep-

ción, de interpretación de lo percibido y de toma de decisiones como resultado de esa interpretación, la empresa define, desde su dinámica interna, si enfrenta esas situaciones y cómo las enfrenta. Son esas percepciones, esas interpretaciones, esas decisiones y las consiguientes acciones, las que determinarán si la empresa tiene éxito al enfrentar bien las amenazas o las oportunidades que el medio le presenta. Esas acciones llevan, necesariamente, a cambios internos en la empresa con miras a la generación de nuevas conductas que permitan enfrentar con éxito los cambios significativos en el medio. Si la empresa no genera en su interior los cambios adecuados que lleven a comportamientos efectivos frente al medio, la empresa pierde competitividad y puede incluso desaparecer.

Por otro lado, en su análisis de la organización así definida, Argyris y Schön se centran, como dijimos, en la forma en la que se da el proceso de aprendizaje organizacional, pero dejan de lado, a nuestro parecer, la dinámica que subyace a esa forma, a ese “cómo”. Su punto de anclaje conceptual es, como vimos, el conjunto de normas, estrategias y supuestos que conforman los principios de la acción o *governing values*, principios que se constituyen en la teoría de la acción para la organización; es decir, que determinan la forma en la que actúa la organización frente a cambios en el medio tanto interno como externo. “En la medida en que haya continuidad en las reglas que gobiernan el comportamiento de los individuos, la organización persistirá, aun cuando sus miembros vayan y vengan” (Argyris y Schön 13)<sup>131</sup>.

Pero ¿cómo cambian esos principios? Esta pregunta puede ser expresada de una manera diferente: ¿cómo aprende una organización humana? Y a su vez nos suscita una pregunta más profunda, ¿cómo aprende una organización humana a *aprender*? Responder estas preguntas nos llevará a una nueva etapa por el camino que estamos recorriendo en nuestro viaje de indagación, etapa que acometeremos en el capítulo siguiente y que implica reformular el esquema tetrádico popperiano de desarrollo del conocimiento.

---

<sup>131</sup> “So long as there is continuity in the rules which govern the behavior of individuals, the organization will persist, even though members come and go”.

## Capítulo 3

# Reformulando el esquema tetrádico popperiano. Una visión diferente de la evolución biológica

En este capítulo presentaremos una reformulación del modelo popperiano de desarrollo del conocimiento representado mediante su esquema tetrádico. Tal reformulación nos permitirá mostrar, al final del capítulo, cómo puede ser descrita la dinámica evolutiva de las especies biológicas –que fue uno de los objetivos de Popper al plantear su visión de la evolución darwiniana–, para que en el capítulo siguiente podamos describir, utilizando el modelo reformulado, la dinámica del desarrollo del conocimiento en las organizaciones humanas. Para empezar, vemos necesario mostrar que los sistemas cognoscentes autónomos son sistemas que cumplen el proceso darwiniano de variación y retención selectiva.

### 3.1 Los sistemas cognoscentes autónomos son sistemas darwinianos

Darwin mostró que el proceso de variación y retención selectiva, en los organismos biológicos, puede caracterizarse por tres principios generales que se constituyeron en los postulados de su teoría<sup>132</sup>. Tales principios son:

---

<sup>132</sup> Recomendamos al lector no familiarizado con los conceptos y teorías de la evolución biológica algunos libros que presentan tanto las distintas teorías como la manera en que estas se fueron desarrollando y posicio-

- Todo individuo es ligeramente diferente a sus padres, tanto en sus rasgos físicos como en su conducta (Darwin 89).
- Cada generación de organismos de una especie produce más descendientes de los que el medio puede sostener (113).
- Solo los individuos que portan aquellas variantes más adecuadas, los mejor dotados, sobreviven a las condiciones del medio y dejan descendencia (102).

Si analizamos detenidamente estos tres principios, podemos encontrar los procesos involucrados en cada uno de ellos. El primer principio implica la existencia de un proceso de variación: los descendientes, en el caso de los organismos biológicos, presentan variación con relación a sus progenitores y también entre ellos. Los principios segundo y tercero implican la existencia de un proceso de selección de las variantes: el medio *solo* puede sostener algunas variantes de las muchas que se producen. Hacemos énfasis en la palabra “solo” porque allí está definida esa implicación. El tercer principio implica la existencia de un proceso de preservación y propagación de las variantes seleccionadas. De acuerdo con este análisis, podemos explicitar, de los postulados darwinianos, los procesos involucrados diciendo que en todo sistema darwiniano –aquel que cumple esos postulados– se dan<sup>133</sup>:

---

nando en el ámbito de la ciencia. Para una descripción amplia de las variadas teorías surgidas para explicar el fenómeno evolutivo puede consultarse el excelente libro de Stephen Jay Gould, *La estructura de la teoría de la evolución*. Por su parte, el libro *El sentido de la evolución*, de uno de los mayores exponentes del Darwinismo el biólogo George Gaylord Simpson, presenta una muy buena descripción de la teoría sintética de la evolución. Para una narración histórica de cómo se gestó la teoría darwiniana puede consultarse el libro de Edward Larson *Evolución, la asombrosa historia de una teoría científica*.

<sup>133</sup> Podemos ver que estos tres tipos de procesos son los mismos que Donald Campbell definió como los mecanismos esenciales en los que se basa el proceso de desarrollo del conocimiento y sobre los cuales ya hablamos en el capítulo 1 de este libro.

- Procesos para generar la variación.
- Procesos para seleccionar algunas de las variantes.
- Procesos para preservar y/o propagar las variaciones seleccionadas.

En un sistema cognoscente autónomo se presentan estos tres procesos pues el sistema genera, desde su dinámica interna, expectativas sobre su entorno –las soluciones tentativas “ST” en el esquema tetrádico popperiano ilustrado en la figura 1.3–. En su interacción con ese entorno, algunas de las expectativas del sistema no se muestran coherentes con el comportamiento del entorno y son eliminadas en esa interacción –eliminación de errores “EE” en el esquema popperiano–. El sistema preserva y propaga aquellas expectativas seleccionadas, es decir, las que se mostraron coherentes. Si surgen nuevas incoherencias debidas a expectativas no cumplidas –por cambios en el sistema<sup>134</sup> o en el entorno–, el sistema se ve enfrentado a un nuevo problema –el problema P en el esquema popperiano– y el ciclo se reinicia.

Cuando decimos que el sistema preserva las expectativas que se mostraron coherentes, lo que estamos afirmando es que la dinámica organizativa interna del sistema queda, en cierta forma, *fijada* para producir aquellas expectativas generadoras de los comportamientos que se probaron exitosos en su interacción con el medio. Esta fijación de expectativas es lo que llamamos *reestructuración cognoscitiva* del sistema y es, como dijimos antes, un aprendizaje. Concluimos pues que todo sistema cognoscente autónomo es un sistema darwiniano en el que se presenta el proceso de variación y retención selectiva. Las poblaciones biológicas, las disciplinas científicas y las organizaciones humanas son sistemas

---

<sup>134</sup> En el caso de la ciencia, el sistema cognoscente es, como argumentaremos más adelante, cada disciplina científica (la Física, la Biología, etc.) y los cambios suceden en el sistema cuando se descubren hechos o comportamientos del mundo que las teorías existentes no explican o parecen no explicar.

de este tipo, y ese hecho es el que fundamenta las tesis que planteamos en este libro.

Ahora bien, lo anterior suscita las siguientes preguntas:

- En relación con el primero de los procesos darwinianos, podemos preguntarnos: ¿Qué es lo que varía? O, de otra forma, ¿cuál es la entidad sujeta a la variación?
- En relación con el segundo proceso nos preguntamos: ¿Qué es lo que se selecciona? O ¿Cuál es la entidad sujeta a la selección?
- Con respecto al tercer proceso podemos preguntarnos: ¿Qué entidad es la que preserva las variantes seleccionadas y propaga esas variantes?

Para aproximarnos a una respuesta a tales preguntas consideremos y analicemos el aporte del filósofo de la biología estadounidense David Hull (1935–2010).

### 3.2 La propuesta de David Hull: replicadores, interactores y linajes

Hull se destacó por sus contribuciones a la Filosofía de la ciencia y, en particular, a la Filosofía de la biología. Uno de sus objetivos como filósofo fue el de definir los elementos fundamentales de una teoría general de la selección que se pudiese aplicar a todos aquellos fenómenos donde se da, para unas entidades, un proceso de *variación y reproducción diferencial*. En estos procesos se produce inevitablemente una sucesión de cambios que hace que las entidades replicantes evolucionen en el tiempo. No debemos entender aquí, como no lo entendía Hull, el término “evolución” como un *cambio a mejor*. Simplemente las entidades replicantes van cambiando en el tiempo generando un *linaje*. Esa reproducción diferencial implica un proceso de selección.

Hull pretende aplicar estos principios a varios fenómenos evolutivos distintos; fenómenos como la evolución biológica, la evolución –desarrollo– de las teorías científicas, que él llama en

forma genérica *Evolución conceptual*<sup>135</sup>, el cambio en el sistema inmunológico de organismos multicelulares complejos y el aprendizaje en organismos con sistema nervioso central. Aquí radica precisamente la originalidad de Hull. Otros autores han tratado de explicar la evolución conceptual –aplicada a la sucesión de las teorías científicas– tomando como base la evolución biológica y razonando por analogía; Hull, por el contrario, parte de definir unos principios generales para luego aplicarlos a todo tipo de proceso selectivo en aquellos fenómenos en los que se presenta variación con reproducción diferencial (Hull, *Science and selection* 116). En este libro pretendemos enfocar la descripción de la dinámica de cambio en los sistemas evolutivos solucionadores de problemas en forma similar a como lo hizo Hull.

Para elaborar sus principios, Hull inicia considerando cómo debe construirse un esquema teórico lo suficientemente general para abarcar todos estos diferentes tipos de fenómenos de selección que, aprovechando la variación, generen reproducción diferencial (Hull, *Science and selection* 98). Además, critica la jerarquía tradicional definida por los biólogos –genes, cromosomas, gametos, organismos, demos, especies– ya que no permite asignar, sin ambigüedad, las funciones de replicación –la variación debe ser replicada– y de interacción con un entorno –es esa interacción la causa de la reproducción diferencial– dentro del proceso de selección biológica. Un cromosoma, por ejemplo, se replica, pero también interactúa con su entorno y lo mismo podría decirse de un organismo. Al respecto, Hull expone el ejemplo de los paramecios que se replican por fisión –división simple del soma– y, en ese proceso, transmiten cambios fenotípicos a la siguiente generación (28). Los paramecios, a su vez, como organismos que son, interactúan con su entorno, y es en esa interacción donde unos sobreviven y se reproducen y otros no sobreviven y no dejan descendencia. En resumen, las funciones de replicación y de

---

135 La evolución conceptual también incluye evolución de conceptos culturales distintos a las teorías científicas (modas, estilos artísticos, artefactos, etc.) pero Hull solo se enfoca en la evolución de los conceptos científicos.

interacción aparecen, en general, en todos los niveles jerárquicos considerados por la tradición biológica.

Esta forma tradicional de ver la evolución biológica influencia negativamente además, según Hull, la manera como los científicos conciben y diseñan sus experimentos e interpretan los resultados (*Science and selection* 14). Tal situación ha generado un sinnúmero de debates entre los biólogos y filósofos de la biología en torno a cuáles son las unidades de selección. Por ejemplo, algunos sostienen que la evolución puede explicarse enteramente en términos de selección de genes (*cf.* Dawkins 1985); otros, por el contrario, sostienen que los organismos, que interactúan con el entorno, son fundamentales en el proceso de selección (*cf.* Sober 89, Lewontin 7). Por último, están quienes sostienen que la selección se presenta también a nivel de grupos o comunidades de individuos, lo cual implica, por ejemplo, que una población de chimpancés e incluso la especie entera estarían, como colectivo, sometidas al proceso de selección (Hull, *Science and selection* 30)<sup>136</sup>.

Para Hull, se hace necesario, entonces, definir unas entidades que logren eliminar esa dificultad (*Science and selection* 109). Estas entidades deben realizar, sin ambigüedad, las funciones de replicación y de interacción con el entorno (25). Por otro lado, con la definición de tales entidades se debe poder explicar, de forma general, el proceso de selección en los fenómenos evolutivos distintos a la evolución biológica, tales como la evolución de las teorías y conceptos de la ciencia y los cambios en los sistemas inmunológicos (98). Al respecto afirma Hull:

En el pasado, la forma más obvia de organizar las entidades vivas fue a través de una jerarquía de genes, organismos y especies. Mi mejor conjetura es que si deseamos una versión de la teoría evolutiva que sea adecuada para la evolución biológica, necesitaremos unos términos más generales que esos. Mi propuesta es que esta visión tradicional sobre el mundo vivo sea reemplazada por una

<sup>136</sup> Consúltense también el libro *Animal dispersión in relation to social behaviour* del zoólogo y ecólogo británico Vero Copner Wynne-Edwards (18).

nueva jerarquía con base en *replicadores*, *interactores* y *linajes*. Estas tres nociones son mucho más generales que las nociones de sentido común que buscan reemplazar. Son lo suficientemente generales como para incluir la reacción de los sistemas inmunes a los antígenos y el aprendizaje operacional. También son adecuadas, con solo pequeñas modificaciones, para explicar la evolución conceptual (*Science and selection* 2)<sup>137</sup>.

Hull toma como criterio de definición la relación biunívoca entre entidad y función: una entidad –Replicador–, cuya única función es generar copias de sí misma, y otra entidad –Interactor–, cuya única función es la de interactuar con el entorno de tal manera que influya en las frecuencias de replicación (Hull, *Science and selection* 21). Además, afirma que ambos tipos de entidades tienen, entre sí, una relación jerárquica que está delimitada solo por el proceso evolutivo en sí mismo (23). “El propósito al introducir términos como *replicador*, *interactor* y *linaje* es el de especificar términos clase (tipos) más generales que los tradicionales de *gen*, *organismo* y *especie*” (41)<sup>138</sup>.

Por otro lado, aduce Hull, que esta propuesta elimina también el debate surgido en torno a las *unidades de selección* (*Science*

<sup>137</sup> En el original: “In the past the most obvious way to organize living entities was into a hierarchy of genes, organisms and species. My best guess is that if we are to have a version of evolutionary theory that is adequate for biological evolution, we will need much more general terms than these. My suggestion is that this traditional way of viewing the living world be replaced by replicators, interactors and lineages. All three notions are much more general than the commonsense notions that they are designed to replace. They are general enough to accommodate gene-based biological evolution. They are also general enough to include the reaction of the immune system to antigens and operant learning. With only minor modification they are also adequate for conceptual evolution”.

<sup>138</sup> En el original: “One purpose of introducing such terms as replicators, interactors and lineages is to specify class terms (types) more general than the traditional terms gene, organism and species”.

and Selection 23). Para Hull no existen unidades únicas de selección, ya que la selección es un proceso que se compone de dos subprocesos: replicación e interacción. La selección, según él, resulta de la interrelación –relación causal– de estos dos subprocesos (*Science and selection* 48). Si consideramos los tres procesos involucrados en todo sistema darwiniano, vemos que Hull los agrupa en dos, con lo cual quedan, en parte, desdibujadas las funciones específicas que se realizan en tales sistemas y también las entidades que realizan esas funciones. La tesis auxiliar que plantearemos posteriormente –Tesis auxiliar N° 2– busca evitar esta dificultad.

Ahora bien, Hull define, de la siguiente manera, la entidad clave en cada uno de los subprocesos que ha identificado (Hull, *Science and selection* 109):

- **Replicador:** es la entidad que transmite su estructura, *casi intacta*, en replications<sup>139</sup> sucesivas. El replicador es, entonces, una entidad de carácter histórico, ya que implica la continuidad temporal de una estructura (41). Aquí la palabra “casi” es fundamental, ya que si la estructura se transmitiera intacta no habría ninguna evolución. Es claro, además, que la característica básica de un replicador es su estructura, que es lo que se replica; esa estructura codifica información. Por lo tanto, el proceso de replicación es, en esencia, un proceso de transmisión de información con variaciones (33, 116, 118).
- **Interactor:** es la entidad que interactúa, como un todo cohesionado –como un individuo– con el ambiente, de tal manera que esta interacción causa que la replicación sea diferencial. Vemos que este concepto de Hull es distinto del concepto de *Vehículo* postulado, en el libro *El gen egoísta*, por el biólogo evolucionista inglés Richard Dawkins (1941), para quien el vehículo es una entidad pasiva construida y gobernada –manipulada según palabras del propio Dawkins– por el replicador para conseguir sus fines de ser replicado (28). Para Dawkins, el vehículo es solo un medio para facilitar la replicación. En este sentido, la relación entre Replicador y Vehículo es de *desarrollo* –el Replicador construye el vehículo para su servicio–.

<sup>139</sup> Entendemos que Replicar es la acción que ocurre cuando una entidad genera una copia, no necesariamente exacta, de sí misma.

David Hull, por el contrario, asigna un papel activo a los *Interactores*, un papel fundamental en el proceso de selección, un papel causal. Como él afirma: “Un Interactor *causa* que la replicación sea diferencial” (*Science and selection* 47)<sup>140</sup>. Más aún, para Hull, ambos procesos son, lo que podríamos llamar intercausales: los *replicadores* están relacionados causalmente con los *interactores* y la supervivencia de estos *interactores* es causalmente responsable de la perpetuación diferencial de los *replicadores* (23).

Este punto es básico para respaldar nuestra tesis, ya que esta relación causal conforma lo que hemos dado en llamar *Ciclo de generación de valor*. Sin embargo, como ampliaremos posteriormente, nosotros consideramos no dos, sino tres procesos intercausales en ese ciclo. Plantearemos al respecto una tesis según la cual los organismos individuales no pueden generar la dinámica necesaria para la perpetuación diferencial de los replicadores<sup>141</sup>.

Además, Hull enfatiza en que las entidades que hacen las funciones de Replicador e Interactor deben ser de duración finita, nacen a la existencia y desaparecen, por lo que son entidades netamente históricas (*Science and selection* 112). Y, por otro lado, son entidades localizadas espaciotemporalmente; es decir, funcionan como individuos (115).

Es interesante anotar que, en relación con los conceptos de *replicador* e *interactor*, Popper tiene una aproximación aún incipiente, ya que habla desde la perspectiva evolucionista donde no se tiene un “punto cero” del conocimiento. Un ser vivo, por ejemplo, recibe una instrucción de arranque, a través de su información genética, que viene de un ser vivo anterior pues “[...] todo conocimiento, sea heredado o adquirido, es históricamente una modificación de conocimiento previo”<sup>142</sup>. Esta “instrucción de arranque”, este punto de partida es, básicamente, información

<sup>140</sup> “An interactor must *cause* replication to be differential”.

<sup>141</sup> Ver *Tesis auxiliar N° 2* más adelante.

<sup>142</sup> “[...] all knowledge, whether inherited or acquired, is historically a modification of earlier knowledge” (Popper and Eccles, *The self and its brain* 121).

que se replica entre un ser vivo y su descendencia; en otras palabras, es el *replicador*. El organismo vivo, en sí, es el *interactor*.

En el caso de la cultura y de la ciencia, esa información de arranque está constituida por la tradición –las rutinas, hábitos y ritos vigentes en el caso de la cultura, y las conjeturas, las teorías vigentes y también las falsadas y los problemas abiertos en el caso de la ciencia–. A partir de esta instrucción de arranque que se replica con modificación se construyen los ensayos tentativos (*tentative trials*) que se convierten en la materia prima –el *interactor*– sobre la cual actúa la selección:

Las mutaciones o variaciones más o menos accidentales caen bajo la presión de la selección debida a la competencia mutua o bajo la presión de la selección externa que elimina aquellas variaciones menos exitosas. Por tanto, el poder conservativo es la instrucción mientras que el poder evolutivo o revolucionario es la selección (Popper y Eccles 133)<sup>143</sup>.

Los conceptos de *instrucción* y *selección* en Popper son pues equivalentes a los conceptos de *replicación* e *interacción* en Hull. En la edición de 1973 de las conferencias Herbert Spencer, dictadas en la Universidad de Oxford, Inglaterra, Popper dio una charla titulada “The rationality of scientific revolutions”, que luego fue publicada en castellano con el título “La racionalidad de las revoluciones científicas”. En esta conferencia, Popper analiza el papel jugado por la instrucción y por la selección en las estrategias de progreso o adaptación que tienen lugar tanto en el ámbito de la ciencia como en la evolución biológica en sus aspectos de cambio genético y cambio conductual (“La racionalidad” 110)<sup>144</sup>.

<sup>143</sup> “More or less accidental mutations or variations come under the selection pressure of mutual competition, or under external selection pressure which eliminates the less successful variations. Thus the conservative power is instruction; the evolutionary or revolutionary power is selection”.

<sup>144</sup> Esa misma conferencia entró a formar parte, como capítulo 1, del libro *El mito del marco común. En defensa de la ciencia y la racionalidad*.

Regresando a Hull, con el apoyo de los dos conceptos anteriores él define el *proceso de selección* como “[...] aquel en el cual la extinción diferencial y la proliferación de *interactores* causa la perpetuación diferencial de los *replicadores*” (*Science and selection* 110). Es decir, el proceso de selección es una consecuencia de la interrelación causal de los procesos de replicación e interacción (48). Según Hull, una teoría amplia de la evolución basada en la selección solo requiere definir las características generales de estas dos entidades: *replicadores* e *interactores*, y la manera como ambas entidades se relacionan en un juego intercausal (25). Prestemos atención a la palabra “proliferación” en la anterior cita de Hull, ya que es fundamental en la tesis que plantearemos luego.

Adicionalmente a los conceptos anteriores, Hull define los *Linajes* como entidades que persisten indefinidamente en el tiempo, bien en el mismo estado o en un estado alterado como resultado de la replicación (*Science and selection* 110). Tanto los replicadores como los interactores pueden generar linajes ya que, como dijimos antes, son entidades de carácter histórico. Sin embargo, aunque Hull deja entrever esta posibilidad (110, 128), también puntualiza que, en sentido estricto, las únicas entidades que pueden formar linajes son los replicadores (111); los linajes son secuencias de replicadores, son entidades históricas formadas por replicación. Así, el concepto de *Linaje* es, en esencia, un concepto genealógico.

Por otro lado, Hull afirma que la perpetuación diferencial causada por la interacción no es necesaria para que algo cuente como linaje. Según esta interpretación, un cristal en el que la estructura cristalina crece, dadas ciertas condiciones, forma un linaje, ya que la molécula básica se replica a sí misma formando una sucesión de copias en el tiempo. La diferencia, cuando se presenta el proceso de variación-selección; es decir, el juego entre replicación e interacción, es que se produce un fenómeno evolutivo, cosa que no sucede con los cristales. En los cristales no existe el ciclo de retroalimentación intercausal. Hull dice al respecto: “Sin embargo, cuando el intercambio causal entre replicación e interacción hace que los linajes cambien a través del tiempo, el resultado final es la evolución por medio de la selección” (*Science and selection*

111)<sup>145</sup>. Es decir, el fenómeno evolutivo se aprecia solo en el linaje, esto es, en la secuencia histórica.

Desde nuestro punto de vista discrepamos de esta posición de Hull sobre los linajes en sentido estricto; es decir, los replicadores como las únicas entidades que constituyen linajes. Cuando un paleontólogo estudia los ancestros de un determinado individuo, lo que estudia son las variaciones morfológicas –anatómicas– que se fueron sucediendo en el tiempo hasta dar lugar al individuo que estudia. Va estructurando una secuencia histórica que, si bien puede tener baches, da una idea de cómo se fueron transformando los ancestros de ese individuo hasta llegar a él. Se constituye así un linaje de organismos –interactores–<sup>146</sup>. Por otro lado, los biólogos moleculares estudian los linajes moleculares, tanto de las proteínas como de las moléculas de ADN y ARN. En este sentido, sí se forma un linaje molecular que, en el caso de las moléculas de ADN y de ARN, se debe a la replicación sucesiva con variación. Consideramos pues que se presentan linajes tanto en los replicadores como en los interactores ya que, como dijimos antes, ambos son entidades históricas, aunque en niveles diferentes en la jerarquía biológica. No se trata de desaparecer uno en beneficio del otro, sino en considerar ambos, cada uno en su ámbito.

Entonces, Hull introduce estos conceptos de *replicador*, *interactor* y *linaje* como términos genéricos que se refieren a tipos de entidades y se dedica a analizar diferentes fenómenos evolutivos. Se enfoca principalmente en los fenómenos de evolución biológica, evolución conceptual, cambios en el sistema inmunológico y lo que, en teoría del aprendizaje, se llama aprendizaje operativo<sup>147</sup> (*Science and selection* 1).

<sup>145</sup> En el original: “However, when the interchange between replication and interaction causes lineages to change through time, the end result is evolution through selection”.

<sup>146</sup> Nuestras genealogías familiares son precisamente linajes de interactores.

<sup>147</sup> El aprendizaje operativo u operante es el tipo de aprendizaje basado en el condicionamiento estímulo-respuesta, que defiende la escuela conductista de B. F. Skinner.

En la evolución biológica, la entidad replicadora básica es el gen; en esto está Hull de acuerdo, en parte, con Dawkins (*Science and selection* 46). Sin embargo, Hull también acepta que entidades distintas a los genes pueden actuar como replicadores: por ejemplo, un grupo de genes que actúa como unidad –un *chunk* según Hull–, también un genoma completo –como en la reproducción a nivel bacterial o cuando una especie enfrenta un *cuello de botella evolutivo* (113)–, e incluso un organismo (28, 116). Ocurre algo similar con los interactores, pues la entidad interactora no es única e igual que sucede con la entidad replicadora, no existe una entidad interactora básica. Pueden realizar funciones de interacción en la evolución biológica desde los genes hasta las especies (111), pasando por las células, los organismos, las colonias y las poblaciones –demos–. En el proceso de selección biológica, lo que en últimas termina cambiando es la frecuencia relativa de los genes de una población. Es decir, unos alelos van reemplazando gradualmente a otros en el mismo locus del genoma (13). Además, aparecen nuevos alelos y nuevos genes por mutación.

Sin embargo, es el organismo el ejemplo paradigmático de interactor (*Science and Selection* 29). Es el organismo individual el que, por decirlo de alguna manera, se enfrenta con su medio ambiente, y en ese enfrentamiento prueba su capacidad de sobrevivir y de producir descendencia y, por tanto, de ser un factor causal para la perpetuación de los replicadores (22). Es por esto por lo que la selección es un proceso intercausal (23).

Nosotros consideramos que Hull se queda corto al considerar solo dos entidades, que podemos decir, desempeñan un papel activo en el ciclo intercausal evolutivo, pues el linaje es más una entidad pasiva, una secuencia histórica de replicadores y por tanto no tiene un papel en ese ciclo; ante todo es un resultado, mas no un actor. Estas dos entidades, replicador e interactor, configuran, según Hull, la relación intercausal que define la dinámica de cambio en los sistemas evolutivos del tipo darwiniano. En la tesis auxiliar N° 2 que plantearemos posteriormente en este libro, introduciremos un tercer proceso y la respectiva entidad que realiza la función en tal proceso, que, a nuestro juicio, es necesaria para completar este lazo intercausal que genera el proceso evolutivo

propio de tales sistemas. Una entidad realmente activa, que realiza una función fundamental en el ciclo intercausal.

### 3.3 El proceso que le faltó a Hull

Volvamos, ahora sí, a las preguntas que nos planteamos al inicio del presente capítulo. En los procesos en los que se genera la variación, ¿qué es lo que varía? En los procesos de selección de variantes, ¿qué es lo que se selecciona? Y, por último, en los procesos por medio de los cuales se preservan y propagan las variaciones, ¿cuál es la entidad que realiza esa preservación y esa propagación? En resumen, ¿cuál es la entidad que, en cada uno de estos casos realiza la función que indica el proceso? En estas entidades es donde se da la acción a la que se refiere el proceso; son el sujeto de la acción, por lo que les daremos el nombre genérico de *unidades de acción*.

Consideramos que, con respecto a las dos primeras preguntas, la propuesta de Hull es adecuada si mantenemos la relación biunívoca entre entidad y función. En relación con la primera pregunta, la entidad en la que sucede la variación es la entidad que se replica. Aquí la variación se introduce en el proceso por el cual esta entidad (el replicador) genera copias de sí misma. En toda entidad que produce copias de sí misma existe siempre la posibilidad de que las copias no sean completamente fieles y que, en el proceso de copia, se introduzcan variaciones que llevan a una diferencia entre la copia y el original. Por tanto, y estamos en ello de acuerdo con Hull, el replicador es el sujeto de la variación, es la unidad de acción en el proceso que genera la variación.

Para el caso de la evolución biológica —el caso paradigmático que utilizó Hull—, esta unidad de acción es, como ya vimos, el gen. El gen es la entidad mínima que se replica —el replicador— y es en él donde ocurre la mutación. Por tanto, es también la unidad mínima de variación y adicionalmente, la unidad mínima de expresión fenotípica. Decodificando la información contenida en los genes se construye el organismo, siendo este la *expresión* de la

información genética<sup>148</sup>. Un rasgo fenotípico, como el color de los ojos en los humanos, puede provenir de la expresión de un único gen. El gen, en la evolución biológica, cumple entonces la triple función de *variación-replicación-expresión*.

Por otro lado, con respecto a la segunda pregunta, la entidad que se somete a la criba de la selección es el organismo individual: el fenotipo. Este es el que directamente interactúa con el medio ambiente biótico y abiótico y es en esa interacción donde se prueba si se da un *acople estructural*<sup>149</sup> efectivo; es decir, un acople *organismo-ambiente* en el que el organismo se mantenga en la existencia y tenga la posibilidad de producir descendencia. En otras palabras, el organismo individual es el *interactor* hulliano. Los interactores surgen como expresión del acervo de replicadores de una población biológica y de su patrón de relaciones en distintas estructuras individuales. El interactor, como entidad sometida a la selección, es la unidad de acción en ese proceso<sup>150</sup>. Aquí traemos a colación el primer postulado que establece Stephen Jay Gould en su análisis sobre el darwinismo, el postulado de la *Agencia*, donde el *locus* de la selección es el organismo individual (Gould 38). Por otro lado, para Darwin ninguna otra entidad, en ningún otro nivel, está sujeta al proceso de selección (Darwin 110).

Teorías posteriores a la inicial de Darwin, incluida la teoría del *Equilibrio puntuado* de Gould, defienden la evolución biológica a distintos niveles, para cada uno de los cuales existirá una

<sup>148</sup> El desarrollo ontogenético de un organismo biológico es precisamente ese proceso de expresión de la información genética contenida en la célula inicial, el huevo.

<sup>149</sup> Cuando hablamos aquí de *acople estructural* nos referimos tanto a *Estructura* como a *Comportamiento*.

<sup>150</sup> El problema de cuál es la unidad de selección en el proceso de la evolución biológica es un problema que ha sido largamente debatido en Filosofía de la Biología. El artículo de los filósofos Elliot Sober y David Wilson titulado *A critical review of philosophical work on the units of selection problem* hace un recuento interesante sobre este debate (Sober and Wilson 534).

entidad diferente que es seleccionada (Gould 625)<sup>151</sup>. Sin embargo, para respetar el alcance que nos propusimos en este libro, asumimos que el interactivo se identifica, en el ámbito biológico, con el organismo individual. Este es la entidad que interactúa con su entorno. Cada interactivo es una alternativa a ser probada en el proceso de acople estructural de la población biológica con el entorno, y es una tentativa de solución a los problemas debidos a la falta de ese acople estructural, una punta de lanza, en expresión de Popper (*Conocimiento objetivo* 232).

Pero ¿qué pasa con la última pregunta relacionada con el proceso de preservar y propagar las variantes seleccionadas? ¿Cuál es la entidad en la que se da este proceso, la que realiza esa función? Aquí consideramos que Hull se quedó corto pues sostenemos, como dijimos antes, que los organismos individuales no pueden generar la dinámica necesaria para lograr la perpetuación diferencial de los replicadores. Esto nos lleva a plantear la siguiente tesis auxiliar:

**Tesis auxiliar N° 2:** *Los procesos de replicación e interacción son necesarios, pero no suficientes, para llevar a cabo la dinámica del desarrollo de los Sistemas cognoscentes autónomos. Se necesita un tercer proceso que complete esa dinámica intercausal.*

Mostraremos en apoyo a esta tesis que es necesario un tercer proceso que complete la dinámica intercausal indispensable para responder esa última pregunta. Cuando en este libro definimos el concepto de sistema cognoscente autónomo, anotamos que estos sistemas, dado que aprenden en la interacción con su entorno, cuentan con una estructura mnemónica que se encarga de registrar la historia de interacciones, exitosas o fallidas, con ese entorno. Alterar ese registro es igual a aprender, pues la estructura modificada lleva a comportamientos distintos frente al entorno. Dijimos también que esta estructura se modifica no por el entorno directamente –este solo perturba el sistema y esta perturbación no

<sup>151</sup> Para una descripción detallada de esta teoría, y en particular de los distintos niveles de selección, puede consultarse la obra magna de Jay Gould *La estructura de la teoría de la evolución*.

es instructiva, aunque puede simular la instrucción<sup>152</sup>, sino por la dinámica propia interna del sistema. Tal estructura es, por tanto, una estructura cognoscitiva y la modificación de esa estructura es, en consecuencia, un aprendizaje, una *reestructuración cognoscitiva*.

En el caso de la evolución de las especies biológicas, que es el ejemplo paradigmático que trabaja Hull en su propuesta<sup>153</sup>, la entidad que se encarga de preservar las variantes seleccionadas no solo a nivel de gen –variaciones mutacionales– sino también a nivel del genoma –variación en los genes que se expresan y en la estructura de relaciones entre esos genes<sup>154</sup> y de propagar esas varia-

<sup>152</sup> Esta característica de la interacción entre el sistema cognoscente autónomo y el entorno, que hace que se simule la instrucción, es la que lleva a defensores de la *Teoría del Diseño Inteligente* a proclamar que, si los sistemas vivos exhiben un diseño, es porque debe existir un diseñador inteligente. Una entidad que instruye a tales sistemas en cuanto a su configuración interna.

<sup>153</sup> Cuando hablamos de especies biológicas, hablamos de reproducción sexual en la que la variación no es solo mutacional, sino que también se da mediante la recombinación de genes y la reconfiguración de la red de interacciones entre los genes. Para aquellos organismos con reproducción asexual, como las bacterias, la variación se registra en la línea clonal y, por tanto, ese registro se da en cada organismo descendiente del primero que tuvo la variación, ya que todos los organismos de la línea son clones con la misma información genética.

<sup>154</sup> Entendemos por genoma la totalidad de la información genética de una especie biológica. Pero el genoma no es un simple conjunto de genes, es una estructura compleja de relaciones entre genes, un sistema en sí mismo. Dos genomas conteniendo casi los mismos genes pueden expresarse de muy distinto modo, según esa estructura de relaciones. Es el caso del hombre y el chimpancé que, teniendo casi los mismos genes en su acervo genético –más del 95% de los genes son comunes a ambas especies–, la estructura relacional de esos genes en el genoma es muy distinta y esa diferencia se expresa en los fenotipos de ambas especies –entendiendo por fenotipo no solo la estructura anatómica sino también las capacidades comportamentales– (Marques-Bonet 2009).

ciones<sup>155</sup> es, no el individuo como supone Hull, sino la *población* de individuos. Es en esta entidad donde se *registra* la información que sobrevive exitosamente al proceso de selección. Las poblaciones biológicas son, con toda propiedad, entidades sistémicas. En ellas el registro de los cambios –la memoria de las pasadas interacciones con el entorno– se produce en el acervo genético –también llamado *pool genético*–, caracterizado por una determinada distribución de frecuencias de los distintos genes de la población y por el patrón de relaciones entre estos genes. La propagación, por su parte, se da gracias a la dinámica relacional debida al método de reproducción entre los individuos de la población que en el caso de las especies biológicas es la reproducción sexual<sup>156</sup>.

Al respecto, el ecólogo y zoólogo estadounidense Alfred Edwards Emerson (1896–1976) define la población seleccionable como una entidad sistémica, así: “La población [...] es una entidad inclusiva con características emergentes que trascienden la suma de los atributos de los individuos componentes” (307)<sup>157</sup>. Además, una población es un todo existente en su propio marco espaciotemporal (264). La población es pues, con toda propiedad, un sistema, un *individuo ecosistémico* en términos de Gregory Bateson, es decir, un individuo con una dinámica interna, autorreferente, que mantiene un conjunto de relaciones con su entorno y cambia autónomamente con base en dichas relaciones (*Pasos hacia una ecología* 482).

La *población* en el ámbito de la evolución biológica es, entonces, la entidad –un sistema cognoscente autónomo– caracterizada

<sup>155</sup> La forma de propagar esas variaciones es a través de la *proliferación* de los interactores. Por ello es por lo que quisimos llamar la atención sobre esta palabra en la definición de Hull sobre el proceso de selección que presentamos con anterioridad.

<sup>156</sup> Recordemos aquí nuevamente la palabra “proliferación” que utilizó Hull –sobre la que hicimos un llamado de atención–, pero cuya dinámica, en el proceso darwiniano de variación y retención selectiva, no analizó.

<sup>157</sup> “The population [...] is an inclusive entity with emergent characteristics that transcend the summation of the attributes of component individuals”.

por un acervo de *replicadores* y por un patrón de relaciones específico entre tales replicadores –incorporado en el genoma para el caso de las poblaciones biológicas–. Ese acervo y ese patrón realizan la función de registro y preservación de las experiencias pasadas y, por tanto, *tal registro constituye la estructura cognoscitiva del sistema*. Cualquier cambio en el mismo altera esa estructura cognoscitiva constituyéndose en un aprendizaje, una reestructuración cognoscitiva. Por otro lado, la población es también la entidad que realiza la función de propagación de los cambios gracias a su dinámica relacional, tanto interna como con su entorno. La población es pues la entidad que le faltó a Hull; la unidad de acción que realiza la función de *registro-estructuración cognoscitiva-propagación* con la cual se completa la tríada funcional que forma el ciclo intercausal implicado en el proceso evolutivo de variación y retención selectiva propio de todo sistema cognoscente autónomo. Como entidad en la que se produce dinámicamente el proceso de reestructuración cognoscitiva, diremos que es el *estructurador cognoscitivo* o el *aparato modelador del mundo*. De alguna manera *simula*, no representa, en su registro, el mundo por medio del cual el sistema cognoscente autónomo busca un acople efectivo con él.

Otra manera de ver esta tríada funcional se nos aparece claramente si alteramos un poco la fórmula darwiniana y en lugar de decir *variación y retención selectiva*, donde parece ser que “retención” es el proceso importante y que sea “selectiva” es una propiedad de la retención, decimos *variación, selección y retención*. Con ello estaremos dando igual importancia a los tres procesos en su orden, y tendremos completa la dinámica intercausal que venimos postulando, y en ella las tres unidades de acción.

Resumiendo, tenemos pues, en el caso de la biología, tres unidades de acción, es decir, tres entidades distintas que actúan en el proceso de variación y retención selectiva, cada una con funciones específicas: la función de *variación-replicación-expresión* se da a nivel del gen, la función de *interacción* con el entorno se da a nivel del organismo individual y la preservación de variantes –registro–, su reorganización en una red compleja de relaciones, en el genoma –reorganización que hemos llamado *reestructuración cognoscitiva*– y su propagación se dan en la población de organismos

que se constituye así en el estructurador cognoscitivo, la entidad cuya dinámica produce esa reestructuración. Estas tres entidades forman parte indisoluble de un sistema cognoscente autónomo, una entidad histórica que las cobija, que cambia en el tiempo, que evoluciona, y que explora de manera constante alternativas de solución (*cf.* Mejía 136) a los problemas que surgen ante las expectativas fallidas, acomodándose y adaptándose o extinguiéndose, según sea o no exitoso su acople estructural con el entorno biótico y abiótico con el que interactúa. Además, dicha población, como un todo, se identifica con ese sistema cognoscente autónomo.

### 3.4 Reformulando a Popper

Ahora, a partir de los conceptos anteriores, vamos a reformular el planteamiento de Popper sobre el desarrollo del conocimiento expresado en su esquema tetrádico y en su visión de la teoría evolutiva darwiniana. A pesar de que Popper reconoce que en todo proceso de aprendizaje se dan dos fases claramente definidas, que llamó la fase dogmática y la fase crítica y que la fase crítica siempre está antecedida por la dogmática, su esquema tetrádico solo refleja la segunda de tales fases. Esto lo expresa de manera tajante en su onceava tesis acerca de su visión de la teoría del desarrollo evolutivo:

La teoría aquí propuesta distingue entre  $P_1$  [el problema que se “propone” solucionar el organismo] y  $P_2$  [el problema que surge como resultado de la solución propuesta] y muestra que los problemas (o las situaciones problemáticas) a que el organismo trata de enfrentarse son muchas veces nuevos y surgen por sí mismos como resultado de la evolución. Por tanto, la teoría suministra implícitamente una explicación racional de lo que tradicionalmente se ha denominado de modo un tanto equívoco, “*evolución creadora*” o “*evolución emergente*” (*Conocimiento objetivo* 226).

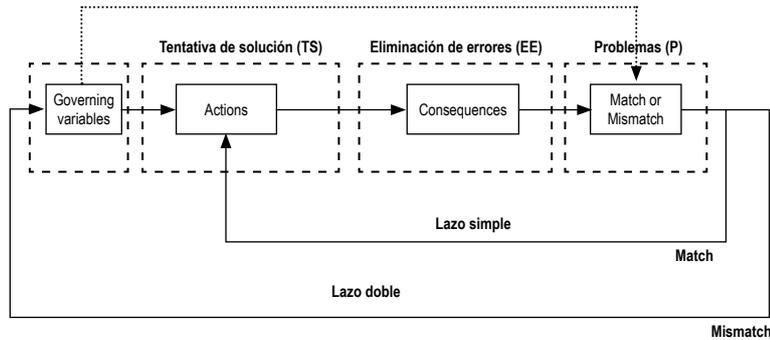
Es decir, Popper es, tanto en biología como en ciencia, un emergentista. Si Popper hubiese diferenciado los ámbitos de *Asimilación cognoscitiva* y *Reestructuración cognoscitiva*, que previamente definimos en este libro, es decir, si hubiese considerado en su esquema tetrádico en relación con la evolución biológica

la dinámica del doble ciclo del aprendizaje, tal esquema podría parecerse al que muestra la Figura 3.1. en el que los elementos del ciclo popperiano se superponen a los del esquema de Argyris y Schön<sup>158</sup>. Aquí las acciones –*actions*– son los comportamientos del sistema frente al medio y esas acciones tienen consecuencias que se reflejan en la respuesta de ese medio a tales acciones. Si la respuesta es la esperada o muy cercana a la esperada –*Match*–, no habrá un problema para el sistema cognoscente. Si, por el contrario, la respuesta no es la esperada –*Mismatch*–, se presentará un problema que el sistema cognoscente deberá enfrentar para mantener una relación coherente con ese medio.

Recordemos que el ámbito de *Asimilación cognoscitiva* corresponde al ciclo simple de aprendizaje, y el ámbito de *Reestructuración cognoscitiva* corresponde al ciclo doble de aprendizaje. La asimilación es, en el caso de la biología, una adecuación o ajuste de los organismos de toda una población de organismos de una misma especie a condiciones existentes en el ambiente surgidas por cambios repentinos, aunque no profundos, en el entorno. Tales adecuaciones se reflejan en un cambio coyuntural en el comportamiento de los individuos, en su anatomía y/o en su fisiología. Un ejemplo de este fenómeno nos lo da el acople plástico, de naturaleza básicamente epigenética, por medio del cual el organismo sintoniza su fenotipo con las condiciones imperantes del medioambiente local. Es el caso del perezoso de dos dedos –*Choloepus hoffmanni*– que habita en Colombia. Los especímenes de las regiones cálidas en la costa norte –menos de mil quinientos metros sobre el nivel del mar– tienen poco pelaje, mientras que los especímenes que habitan en las zonas frías de las cordilleras central y occidental –entre mil quinientos y tres mil metros sobre el nivel del mar– tienen un pelaje abundante (Plese 24). La asimilación, en este caso, equivale entonces a un acople coyuntural o circunstancial de un rasgo anatómico, como es el pelaje de los individuos de la población y, por tanto, un acople de la población misma a las circunstancias de su entorno. La población, como un todo, como

<sup>158</sup> Conservamos la terminología en inglés utilizada por Argyris y Schön en su diagrama.

sistema cognoscente, se ajusta de forma plástica a las condiciones del ambiente<sup>159</sup>.



**Figura 3.1.** El ciclo popperiano reflejado sobre el doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön

La reestructuración cognoscitiva, por su parte, es un acople estructural no coyuntural del sistema cognoscente autónomo a cambios graduales o disruptivos en el entorno; un acople que lleva a una nueva forma de relación entre el sistema y su ambiente; una adaptación según la significación que dimos a tal término. Esta reestructuración se da ya que el sistema trata de solucionar un problema, el problema de la discrepancia –*Mismatch* en términos de Argyris y Schön– entre lo que el sistema cognoscente espera de su entorno –la expectativa popperiana– y lo que obtiene de él. La reestructuración cognoscitiva es un aprendizaje que transita por el ciclo doble en el esquema de la Figura 3.1. La adaptación del oso polar al ambiente del ártico es una reestructuración cognoscitiva, pues la población de osos, compuesta originalmente por individuos con pelaje pardo oscuro, que emigró al círculo polar ártico, empezó a cambiar lentamente su pelaje de pardo a blanco.

<sup>159</sup> De todas formas, como anotamos antes, Popper sí consideró este tipo de ajuste plástico en lo que él denominó “adaptación de corto alcance” –*Short-term adaptation*– aunque nunca lo reflejó en su esquema tetrádico (*A world* 35).

Cambió la relación de frecuencias entre los genes responsables del color blanco en el pelaje y aquellos responsables del color pardo. Y no solo eso, sino que también cambiaron genes y redes genéticas relacionadas con el metabolismo y el comportamiento. Es decir, la estructura cognoscitiva de la población de osos en el Ártico cambió con relación a la que tenía la población original o, en otras palabras, aquella población *aprendió* de su nuevo entorno y se acopló estructuralmente a él.

Es importante llamar la atención aquí sobre el sentido que damos a la expresión “estructura cognoscitiva” de la población biológica. No se refiere al sistema nervioso de los individuos de la población sino, como dijimos antes, al conjunto de genes y a los patrones de relación entre ellos que conforman el genoma de una población de organismos de la misma especie y que se constituye en el registro o memoria de las pasadas interacciones de la población con su entorno<sup>160</sup>.

### 3.5 Una digresión necesaria

Dijimos antes, a partir de Hull, que los procesos darwinianos de variación y retención selectiva forman un ciclo intercausal. Lo que aquí mostraremos es que ese ciclo puede expresarse mediante flujos de información que se dan entre organismo y entorno en el proceso de acople, tanto plástico como estructural<sup>161</sup>. Haremos en este punto una digresión en la argumentación para hacer claridad sobre qué queremos decir cuando decimos que “fluye información”. Para ello vamos a definir aquí lo que entendemos por

<sup>160</sup> Si consideramos a un organismo individual que posea sistema nervioso con capacidades de aprendizaje como sistema cognoscente autónomo, en este caso dicho sistema nervioso sí formará parte de la estructura cognoscitiva de dicho organismo.

<sup>161</sup> El filósofo de la biología austriaco Franz Wuketits (1955) trata con amplitud en su artículo “Evolution as a cognition process: towards an evolutionary epistemology” el tema de los flujos de información causa-efecto en el proceso de adaptación de un organismo o de una especie con su medio (*cf.* Wuketits).

*Información* y por *Conocimiento* sin pretender dar una definición general de estos términos.

Cuando una cebra en la sabana africana detecta el olor a león en el ambiente, podemos decir que *percibe* un cambio en su entorno y lo *interpreta* de acuerdo con su modelo mental del mundo, modelo que, en parte, tiene un componente genético resultado de las interacciones pasadas de la especie con ese entorno, así como un componente aprendido resultado de la historia individual de interacciones del animal con tal entorno. Ese cambio en el que una cosa –el olor– es signo de otra cosa –el león– genera en la cebra una respuesta que normalmente es de huida, aunque podría ser de enfrentamiento o de lucha. Pero el hecho que queremos resaltar aquí es que ese cambio es una perturbación que suscita, pero no determina, un cambio en el organismo interpretante: la cebra. Ese cambio es información y, en la medida en que induce un cambio en el organismo interpretante, decimos que existe un flujo informacional. Es esto lo que queremos decir cuando afirmamos que “fluye información”. En general, hablando de sistemas cognoscentes autónomos, un flujo informacional entre el sistema cognoscente y su entorno lleva a una coordinación de comportamientos entre ambos<sup>162</sup>.

Para el caso de la comunicación entre seres humanos, la coordinación de comportamientos está mediada normalmente por un lenguaje basado en un código compartido<sup>163</sup>. La información, en este caso y siguiendo al filósofo húngaro Michael Polanyi, es *conocimiento explícito* que es aquel conocimiento que puede expresarse a través de un lenguaje formal codificado; es decir, con palabras, números y, en general, símbolos, y cuyas reglas de relación pueden

<sup>162</sup> Esta coordinación de comportamientos es más clara e inmediata entre un organismo o una población de organismos y su entorno biótico.

<sup>163</sup> Decimos “normalmente” porque también es cierto que otra parte de la información que se comparte entre seres humanos y entre estos y algunos animales superiores como los perros o los simios es información no expresada en un lenguaje codificado, sino en gestos, sobre todo faciales como los gestos de ira, descontento, aburrimiento o sorpresa.

transmitirse y compartirse fácilmente, en forma de datos, fórmulas científicas, procedimientos codificados, planos, mapas, partituras o programas de computador. Cuando un ingeniero diseña y dibuja un plano de un artefacto electrónico pone allí los símbolos que representan los distintos componentes que lo conformarán una vez construido. Esos símbolos y la forma de conexión entre ellos serán fácilmente entendidos por los ingenieros o técnicos encargados de construir tal artefacto electrónico. El conocimiento del diseñador está allí codificado y podrá ser comunicado sin problemas a aquellos que entiendan el código. La información expresada en el plano es pues conocimiento explícito. Una teoría científica es otro ejemplo de conocimiento explícito. Si es una teoría, digamos por caso, de la física, el lenguaje codificado en el que se expresa será el lenguaje matemático. El creador o los creadores de la teoría la pueden comunicar así, sin ambigüedades, a los demás colegas de su disciplina.

Por otro lado, en nuestro ejemplo de la cebra, dijimos que ella interpreta los cambios en el entorno de acuerdo con su modelo mental del mundo. Este modelo mental del mundo de la cebra *es lo mismo* que su estructura cognoscitiva. Ella, como organismo, es un sistema cognoscente autónomo y el conocimiento que tiene del mundo es, en parte de base genética y, en parte debido al aprendizaje surgido de su propia historia de interacciones con ese mundo. Ese conocimiento incorporado en el mismo ser de la cebra es, en términos de Polanyi, *conocimiento tácito* (*The tacit* 23), y, para el caso de los animales, es lo que entendemos por *conocimiento*. En el caso de los humanos, el *Conocimiento Tácito* es un conocimiento muy personal, casi que íntimo. No se puede, por tanto, expresar completamente mediante un lenguaje formal lo que lo hace difícil de transmitir y compartir con otros. Tiene sus raíces en lo más profundo de la experiencia individual, así como en los ideales, valores, sentimientos y emociones de cada persona. Cuando decimos que alguien tomó una decisión trascendental con las entrañas o con el corazón, lo que estamos queriendo significar es que esa persona no tomó la decisión completamente basada en un razonamiento lógico y, por tanto, formal, sino con ese cono-

cimiento íntimo que tiene de la situación<sup>164</sup>. La dimensión tácita de este conocimiento está en el hecho de que no sabemos todo lo que sabemos o, si lo sabemos, no sabemos cómo transmitirlo a otros: “Sabemos más de lo que podemos contar” (23)<sup>165</sup>. Podemos conducir un automóvil, sabemos que tenemos ese conocimiento, pero nos vemos imposibilitados de transmitirlo a alguien que no sepa conducir, solo comunicándole cómo hacerlo. Esa otra persona tiene que *vivenciar* el conducir un automóvil, tiene que experimentarlo en carne propia, para poder adquirir esa habilidad, ese conocimiento. El conductor tiene entonces un conocimiento vivencial, tácito, de su auto; el ingeniero constructor tiene un conocimiento explícito del mismo, conocimiento que puede traducir en los planos del vehículo y, por tanto, puede comunicar.

En suma, el conocimiento explícito, codificable en símbolos y comunicable<sup>166</sup> es un tipo de *Información*. El conocimiento tácito, por su parte, es una construcción mental que se logra con la vivencia de nuestras interacciones con el entorno. Es un conocimiento íntimo y, por tanto, difícil de comunicar. Aquí es importante aclarar que la información es codificable en símbolos solo cuando el sistema cognoscente es capaz de exhibir las funciones superiores del lenguaje, es decir, la función descriptiva y la función argumentadora que Popper define como las funciones del lenguaje que posibilitan la ciencia (*Conocimiento objetivo* 281). Es claro entonces que la clase de información que es conocimiento explícito y que se comunica a otros mediante

---

<sup>164</sup> Los expertos japoneses en teoría organizacional Ikujiro Nonaka e Hiro-taka Takeuchi tratan ampliamente el tema de los conocimientos tácito y explícito como generadores de valor en las organizaciones empresariales (*cf.*: Nonaka y Takeuchi).

<sup>165</sup> “[We] know more than we can tell”.

<sup>166</sup> Con relación a este punto podríamos preguntarnos: ¿son símbolos los distintos gritos de algunos animales como el caso de los monos que diferencian el tipo de amenaza: un leopardo, una serpiente, un águila y con sus gritos comunican información a sus congéneres o a animales de otras especies? En este caso, estos animales exhibirían, aunque en forma limitada, la función descriptiva del lenguaje.

un lenguaje basado en símbolos codificados solo se presenta naturalmente en el nivel de los seres humanos<sup>167</sup>. Esto hace que lo que hemos llamado la estructura cognoscitiva en los humanos –su modelo mental del mundo– sea una combinación de conocimiento tácito –no explicitable– y de conocimiento explicitable en el lenguaje. Es esta combinación de conocimiento tácito no explicitable y de conocimiento explicitable lo que entendemos por *conocimiento* en el caso de los seres humanos.

Lo mismo sucede con las organizaciones humanas. En ellas, lo que llamamos –con base en los planteamientos de Argyris y Schön– la teoría usada es, en mayor medida, conocimiento tácito del colectivo. La teoría expresada es, como su mismo nombre lo indica, conocimiento explícito. Cuando decimos que la teoría usada es *en mayor medida* conocimiento tácito, lo que queremos decir es que los miembros de una organización se comportan mayormente siguiendo normas no expresadas –no explícitas– pero también, en alguna medida, siguiendo algunas de las normas explícitas de la organización –aunque estas últimas son las que más se quebrantan–.

Como la expresión *conocimiento tácito del colectivo* puede dar lugar a confusiones, la aclararemos mediante un ejemplo. Un equipo de fútbol en la cancha está compuesto por once hombres. Sin embargo, el equipo en acción es más que esos once hombres. Los jugadores, en sus períodos de entrenamiento, practican una y otra vez jugadas colectivas que pueden marcar la diferencia en un encuentro. Estas jugadas se las “aprenden de memoria”. ¿Qué quiere decir esto? Simplemente que durante el fragor del partido alguna de las jugadas practicadas puede ser ejecutada casi que de forma instintiva. No se piensa *racionalmente* en la jugada, esta “sale” sin ser pensada. Los directores técnicos llaman a esto un *automatismo*; pero otra forma de verlo es como una expresión

---

<sup>167</sup> Decimos “naturalmente” porque algunos simios superiores, así como algunas aves de la familia de los loros han aprendido a comunicarse con sus amos o entrenadores mediante lenguajes codificados diseñados *expresamente* para esa comunicación.

de un conocimiento tácito colectivo. No es un solo jugador el que tiene el conocimiento, sino que este está, de manera inconsciente, en los varios jugadores que intervienen en la jugada. De esta forma es que un equipo de fútbol es *más* que once jugadores porque el conocimiento tácito compartido hace del equipo un *todo* mayor a la suma de sus partes.

El proceso intercausal darwiniano se expresa realmente como un flujo informacional bidireccional entre sistema y entorno. Este flujo informacional, en la dirección entorno–sistema no determina, sin embargo, el comportamiento del sistema; solo puede inducirlo. Es el sistema, con su dinámica interna, el que *interpreta* ese flujo informacional entrante y configura su comportamiento de respuesta al entorno. Cuando decimos que el sistema *configura su comportamiento* lo que queremos indicar es que, o bien se ajusta de manera plástica –lo que hemos llamado *asimilación cognoscitiva*–, o bien se reestructura cognitiva y autónomamente –que hemos llamado *reestructuración cognoscitiva*– para ofrecer una respuesta efectiva a los cambios en el entorno. El principio: *el entorno no es instructivo* se mantiene entonces.

Por otro lado, en el sentido sistema–entorno, tomando las palabras del biólogo Francisco Varela, el sistema “[...] manipula su medio según su estructura interna” (“Haciendo camino” 50); es decir, la estructura cognoscitiva del sistema determina su conducta y, por ende, su acción sobre ese entorno. Por eso, agrega Varela: “Veamos el sistema como un sistema perceptivo autónomo: una colección de estructuras activas que se autocorrigen, capaces de informar (o determinar) su entorno circundante en un mundo, a través de una historia de acoplamiento estructural con él” (51).

Concluimos del anterior análisis que el conocimiento propiamente dicho, el conocimiento incorporado como estructura en el sistema, es *conocimiento tácito*. Un conocimiento que está tejido íntimamente en el ser del sistema y determina su comportamiento. Es en ese sentido que podemos decir, de acuerdo con Peter Senge, que la estructura cognoscitiva del sistema determina su conducta

(103)<sup>168</sup>. El proceso de incorporación de ese conocimiento, que se da mediante un acople estructural sistema-entorno es, entonces, un proceso de aprendizaje<sup>169</sup>. Pero es importante aclarar que esa estructura cognoscitiva *no es* una representación del entorno, pues este no se ve, por así decirlo, reflejado en el sistema. Es el sistema quien construye esa estructura de acuerdo con su dinámica interna, de tal manera que sea coherente con la información que llega del entorno. Es pues una *lógica de la coherencia* y no una lógica de la correspondencia como sería si el conocimiento fuese una mera representación del entorno<sup>170</sup>. El conocimiento como representación habla de un entorno que es instructivo y activo, y habla de un sistema –organismo– que, pasivamente, se deja instruir, se deja moldear. Ese no es el caso para los sistemas cognoscentes autónomos. Estos sistemas son, a la vez, el barro y el alfarero.

Para Popper, y estamos de acuerdo con él, ese conocimiento tácito que llama *conocimiento inconsciente* es el que determina lo que podemos esperar del comportamiento del mundo. Si el mundo se comporta de acuerdo a como esperamos –de acuerdo con nuestro modelo mental de ese mundo– no existirá ningún problema. Sin embargo, si el mundo se comporta de manera distinta a la que esperamos, nos damos cuenta, con sorpresa, de que tenemos un problema y de que tenemos que cambiar nuestro modelo del mundo, nuestra estructura cognoscitiva, para resolverlo. “Nuestro conocimiento inconsciente tiene a menudo el carácter de expectativas inconscientes y, algunas veces, podemos ser conscientes de

---

<sup>168</sup> Peter Senge (1947) es un pensador de la teoría empresarial y de las organizaciones como sistemas que aprenden a partir de la interacción con su entorno. Su enfoque, que expone en el libro *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*, se encuadra en el marco del pensamiento sistémico.

<sup>169</sup> Esto aplica, en el caso del aprendizaje en los individuos humanos, a aquella parte del conocimiento tácito que no es de base genética. El conocimiento tácito de base genética es un aprendizaje de la especie.

<sup>170</sup> Para una discusión más amplia sobre este punto consultar el artículo de Francisco Varela “Haciendo camino al andar” (*cf.*: Varela 47-62).

haber tenido tales expectativas cuando ellas se muestran erróneas” (Popper, *A world 31*)<sup>171</sup>.

No podemos terminar esta digresión sin dejar de plantear la siguiente pregunta: ¿en el flujo informacional darwiniano, que se representa en el esquema de la Figura 3.1., se involucran procesos de causación ascendente y de causación descendente definidos en el apartado 1.9? Plantearemos una respuesta más adelante.

### 3.6 Del esquema tetrádico popperiano al ciclo de generación de valor

Terminando nuestra digresión sobre lo que entendemos por información y por conocimiento, estamos ahora preparados para el siguiente paso en nuestra argumentación. Este consiste en incorporar al esquema que venimos trabajando los conceptos de replicación e interacción que estudiamos con David Hull, y complementados con el concepto de *estructurador cognoscitivo* que se hace necesario para entender la dinámica completa del cambio darwiniano. Para ello utilizaremos el esquema presentado en la Figura 3.2.

La acción que ejerce el sistema cognoscente autónomo sobre el medio –que se ilustra mediante el rectángulo punteado denominado “Actions” en el diagrama– se presenta a este como una alternativa, una propuesta de solución o tentativa de solución, en términos popperianos. Esta tentativa de solución puede incrementar la probabilidad de una relación coherente y armónica entre el sistema y el entorno. En la medida en que se incrementa esta coherencia, se incrementa también la probabilidad del sistema de permanecer en la existencia.

Ahora bien, esta acción del sistema sobre el medio se compone de dos partes o etapas. La primera etapa es un proceso ontogenético –el componente “Incorporación de la solución” en el

diagrama de la Figura 3.2. –; en ella, la entidad que se replica construye o desarrolla otra entidad –la segunda etapa denominada “Interactor” en el diagrama de la Figura 3.2. – que fungirá como propuesta de solución al medio. En esa primera etapa pueden ocurrir, eventualmente, variaciones o cambios en el replicador mismo o en el proceso ontogenético de desarrollo del interactor que harán que ese interactor sea una nueva propuesta nunca antes presentada por el sistema al medio. Pero ¿una propuesta de solución a qué problema? El problema aquí es el desacuerdo o desarmonía entre el entorno y las propuestas previas –los anteriores interactores–. Tal desarmonía implica que no existe un acople estructural efectivo entre el sistema cognoscente – a través de los interactores por él generados– y el entorno, también denominado *Mundo* en el diagrama. ¿Cómo se corrige esa falta de acople? Pues mediante la eliminación de aquellos interactores no exitosos –eliminación de errores en la terminología popperiana–. Esto es lo que Darwin denominó *selección natural*.

De otro lado, ¿qué “ve” el sistema cognoscente en este proceso? Simplemente que lo que él esperaba –recordemos la *expectativa* popperiana– que fueran interactores exitosos –acciones exitosas sobre el medio–, no lo fueron tanto y por ello debe “sintonizarse” mejor para reproducir aquellos interactores que fueron más exitosos y que maximicen su acople estructural con ese medio. Tal sintonización se da mediante una reestructuración cognoscitiva que equivale a un cambio en el modelo mental –las *governing variables*– del sistema cognoscente. Ese cambio puede darse en los componentes de la estructura cognoscitiva del sistema cognoscente, en las relaciones entre tales componentes o en ambos.

El proceso de cambio ilustrado en la Figura 3.2. muestra el ciclo intercausal completo que da origen al aprendizaje en los sistemas cognoscentes autónomos. Es el ciclo popperiano reformulado que proponemos en este libro. Sin embargo, para hacer ver esta reformulación de una manera clara, tuvimos que complementar el aporte de Hull de acuerdo con lo postulado en la *Tesis auxiliar N° 2*. Este filósofo, igual que Popper, no diferencia entre una dinámica de asimilación cognoscitiva y una de reestructuración cognoscitiva. Su teoría no considera la dinámica que lleva a con-

<sup>171</sup> “Our own unconscious knowledge has often the character of unconscious expectations, and sometimes we may become conscious of having had expectations of this kind when it turns out to have been mistaken”.

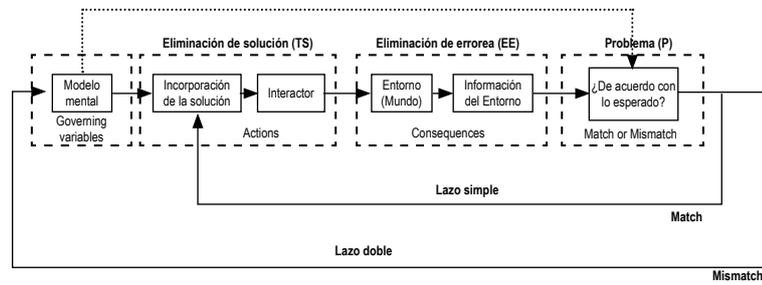


Figura 3.2. Los componentes de la acción en términos de replicación e interacción

servar y propagar las variantes relacionadas; simplemente afirma que la replicación diferencial del replicador depende del éxito del interactor en su relación con el medio. Pero esa dinámica necesita, como ya mostramos, de un tercer elemento, una tercera entidad, adicional a los replicadores y a los interactores, que es, en el caso de la evolución biológica, la población de organismos.

Con tal entidad, el ciclo intercausal mostrado en el diagrama de la Figura 3.2. queda completo y es necesariamente un ciclo evolutivo: el hecho de que algunos interactores sean más exitosos que otros en su relación con el medio causa que la replicación sea diferencial, y tal replicación diferencial, *preservada y propagada en la población*, conduce a privilegiar el interactor exitoso y a disminuir la presencia de –o eliminar– los interactores no exitosos. En el caso de las poblaciones biológicas, la distribución de frecuencias de los replicadores en el acervo genético así como el patrón de relación entre los mismos va variando con el tiempo y eso es evolución. Pero, para Hull, esta dinámica que lleva a preservar los nuevos replicadores y a propagarlos de tal manera que generen el desarrollo de nuevos interactores permanece implícita en su argumentación. Necesitamos hacerla explícita para comprender la dinámica completa del doble ciclo de aprendizaje y su aplicación a los sistemas cognoscentes autónomos. Para ello analicemos el diagrama de la Figura 3.3., que es una variación del diagrama presentado en la Figura 3.2.

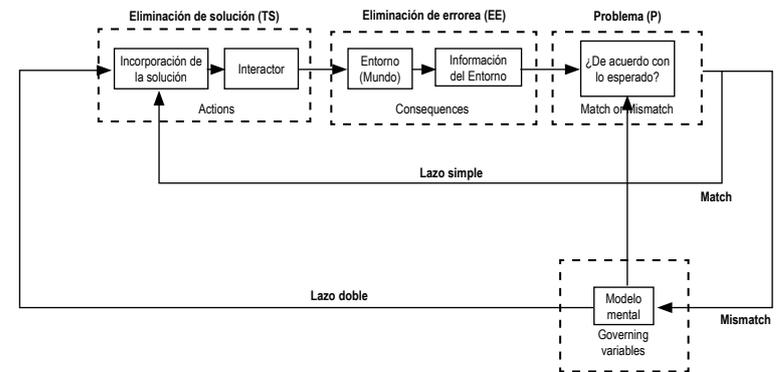


Figura 3.3. El doble lazo en el Ciclo de generación de valor<sup>172</sup>

La Figura 3.3. muestra la dinámica general de cambio de un sistema cognoscente autónomo. Hicimos en ella una ligera variación con relación a la Figura 3.2., trasladando el bloque o componente de Modelo mental –*Governing variables*– hacia atrás en el lazo doble para facilitar la visualización de las relaciones entre este componente y otros del esquema. Empecemos la descripción de este esquema diciendo que el comportamiento del sistema cognoscente autónomo está determinado por lo que hemos llamado su *Modelo Mental*, expresión que dijimos con anterioridad –y a falta de una mejor–, designa aquellos patrones estructurales que permiten al sistema cognoscente percibir y actuar sobre el mundo; es decir, su *estructura cognoscitiva* –lo que el etólogo austriaco Konrad Lorenz (1903–1989) llamó el *dispositivo conceptual del mundo* (21)–. Ese proceso de percibir el mundo y actuar sobre él, propio del sistema cognoscente autónomo gracias a las capacida-

<sup>172</sup> La denominación de *Ciclo de generación de valor* quiere significar que cuando un Sistema cognoscente autónomo consigue, con éxito, mantenerse en la dinámica del doble lazo de aprendizaje, lo que hace es generar constantemente valor interpretado como incremento en la capacidad de supervivencia. En este sentido, toda acción de valor es aquella que conduce a maximizar (no a optimizar) el acople estructural entre un sistema cognoscente autónomo y su entorno.

des que le da su estructura cognoscitiva, es el que fundamenta la tesis de Donald Campbell de la jerarquía anillada, de la que ya hemos hablado, que va de la simple cadena percepción-decisión-acción de los organismos más primitivos hasta la cadena completa de percepción-interpretación-previsión-decisión-acción –con la función mnemónica asociada a la interpretación– de los sistemas cognoscentes más avanzados; es decir, aquellos que pueden hacer previsiones sobre el futuro y, con base en ello, tomar decisiones sobre las acciones a realizar.

En el diagrama de la Figura 3.3., la pregunta “¿De acuerdo con lo esperado?” implica una comparación entre las expectativas del sistema cognoscente sobre el comportamiento del mundo –la flecha rotulada “Expectativa” en la Figura 3.3.– y los hechos que plasman el efecto o la consecuencia –*consequences* en el diagrama– que tienen las acciones del sistema cognoscente sobre el comportamiento de ese mundo –la flecha que va del componente “Información del entorno” al bloque de la comparación en dicha figura–. La diferencia entre las expectativas y los hechos resulta ser un *problema*: el problema en el esquema tetrádico popperiano. El sistema cognoscente autónomo adquiere información de esa diferencia en la medida en que *percibe* esos hechos y *percibe*, por otro lado, las acciones derivadas de sus propias expectativas. La constatación de esa diferencia, que es información y que se ilustra con la flecha rotulada “Mismatch” en el diagrama de la Figura 3.3., coloca al sistema cognoscente autónomo ante la necesidad de cambiar su modelo mental, y con ello su comportamiento, en busca de lograr una relación más armónica con su entorno<sup>173</sup>.

Continuando con la explicación del diagrama de la Figura 3.3., podemos argüir que cualquier cambio en el modelo mental del sistema cognoscente autónomo –en su estructura cognoscitiva– se refleja, como ya hemos dicho, en un cambio en su comportamiento y

<sup>173</sup> Este “buscar una relación más armónica con su entorno” debe entenderse en su sentido metafórico, no como una acción consciente del sistema orientada a fines, sino como un resultado probable entre muchos otros posibles.

ese comportamiento es un *actuar* del sistema que se representa en el diagrama mediante los bloques o componentes rotulados “Actions”. El sistema construye una propuesta de solución al problema –una tentativa de solución, en términos popperianos–, y esa propuesta, esa *punta de lanza* popperiana, es lo que Hull denomina el *Interactor*. Todo sistema cognoscente autónomo es, por tanto, un generador de alternativas –el *explorador de alternativas* popperiano–, un constructor de propuestas, de puntas de lanza al medio, cuyo fin último es el de estructurar un modelo mental más armónico con ese medio. No hablamos aquí de que los sistemas cognoscentes autónomos estén orientados a fines; lo decimos solo para indicar que el resultado final de todo el ciclo podría aumentar la efectividad del acople estructural entre sistema y medio; es decir, resolver el problema –reducir el “Mismatch” de Argyris–.

Este acople se logra cuando la diferencia entre *expectativa e información del entorno* es pequeña y, por tanto, no existe *problema*. Solo se requieren pequeñas variaciones plásticas en el sistema para lograr mejorar ese acople estructural con el entorno<sup>174</sup> y no se hace necesario, por tanto, cambiar el generador de expectativas –la estructura cognoscitiva o modelo mental– del sistema cognoscente. Cuando sistema y entorno están acoplados –o casi acoplados– estructuralmente, la dinámica de cambio del sistema se da solo a través del lazo simple de aprendizaje –cambio por *asimilación cognoscitiva*–. Aquí se expresan variaciones surgidas en el sistema –que podríamos denominar “ajustes”– debido a la plasticidad de este para adecuarse a pequeños cambios o fluctuaciones en el entorno. En el mundo de los seres vivos estos ajustes se dan gracias a los denominados cambios epigenéticos expresados fenotípicamente, bien en la estructura del organismo, bien en su comportamiento o en ambos, como aduce la disciplina científica denominada “Biología evolutiva del desarrollo” (EVO-DEVO).

<sup>174</sup> Tales variaciones, inducidas por el entorno, no “sacan” al sistema de su estabilidad homeostática propia del equilibrio dinámico que mantiene el ser en los sistemas vivos. Las variables internas del sistema, en tal estado de estabilidad, no se salen de sus rangos de variación. El sistema simplemente se ajusta plásticamente sin cambiar su estructura.

Cuando, por el contrario, hay un desacople estructural significativo, la dinámica del cambio debe darse a través del lazo doble de aprendizaje –cambio por *reestructuración cognoscitiva*–, obteniendo como resultado el cambio en la estructura del modelo mental del sistema en el sentido de mejorar el acople con el entorno. Si no se logra este resultado, el sistema probablemente se desintegrará y dejará de existir<sup>175</sup>. En el mundo de los seres vivos y, en particular, en el ámbito de la evolución de las especies biológicas, esta reestructuración se da, como ya expusimos, mediante un cambio, producto de la selección, en los patrones de frecuencia de los distintos genes, así como un cambio en el patrón de relaciones entre los genes en el genoma de la población<sup>176</sup>. Por eso, el genoma es, como ya habíamos indicado para el caso de la biología, toda una red compleja de relaciones, una estructura a la que legítimamente podemos asignarle el apelativo de *cognitiva*.

Es importante anotar que, en la figura 3.3, el proceso de incorporación de la solución – la generación del interactor– es un proceso ontogenético y en él se realiza, en parte, la función de *variación-replicación-expresión* que definimos con anterioridad en este libro. Decimos “en parte” porque en el caso de los organismos biológicos de linaje biparental, esa variación ocurre de dos maneras. La primera se da en la forma en la que se expresan los genes codificando proteínas en un organismo individual y es, por tanto, una variación epigenética; es decir, una variación que se da *durante* el proceso de construcción del interactor –la ontogenia–. La segunda es la variación genética propiamente dicha que se da previamente a ese proceso de desarrollo ontogenético, directamente en las células germinales y mediante mutación. También se da mediante la recombinación genética en el momento

<sup>175</sup> La desintegración se da porque se rompe el equilibrio homeostático del sistema. Algunas de sus variables internas se salen de rango y el sistema no puede reestablecer el equilibrio.

<sup>176</sup> En este cambio en el patrón de relaciones entre los genes está incluido el que genes previamente silenciosos en el genoma se vuelvan expresivos o que grupos de genes se dupliquen y agreguen en partes distintas de la cadena genética.

de la concepción o mediante cualquiera otro de los procesos de variación genética, más o menos aleatorios descubiertos por los biólogos. Este último tipo de variación ocurre durante la fase de propagación en el genoma de la población y por tanto es un cambio, no debido a la selección, que tiene un efecto directo sobre la generación de los posibles interactores. Podemos decir que es un cambio en el nivel inferior de la dinámica poblacional –el nivel de los genes– y es este cambio la principal fuente de variación para la innovación en el sistema cognoscente pues produce la materia prima para la selección. Por otro lado, en el nivel superior de la dinámica poblacional; el de los organismos en mutua interacción y en interacción con su entorno, el cambio se produce como resultado de la selección natural. Este cambio, en ese nivel, es el que hemos denominado *reestructuración cognoscitiva*. Es un cambio en el modelo mental del sistema cognoscente.

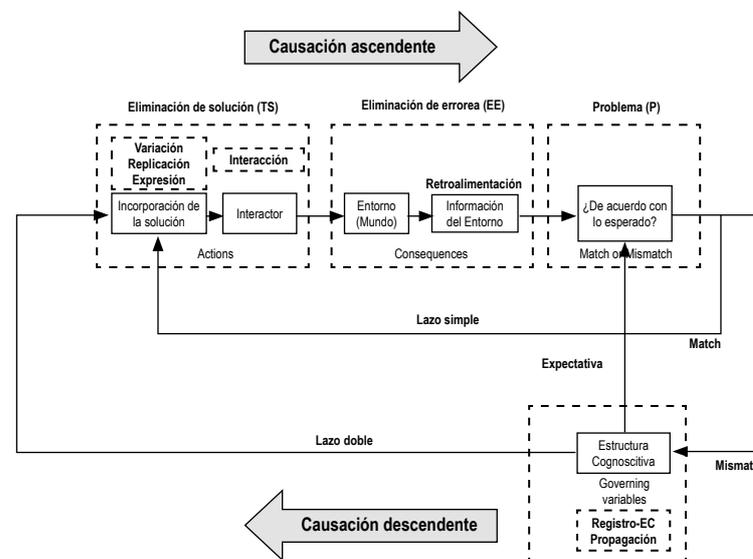
Recordemos que el modelo mental tiene una función mnemónica, es decir, una función de *registro*; o, lo que es lo mismo, de preservación de los patrones exitosos de acople estructural entre el sistema y su entorno que resultaron de la historia de interacciones entre ambos. En el caso de una población biológica, el registro equivale a los genes que se preservan en el acervo genético de esa población, así como a su patrón de relaciones y la reestructuración equivale, como ya hemos dicho, a la reorganización del patrón de frecuencias de alelos y del patrón de relaciones de estos genes en el genoma debida a la selección. La población, con sus dinámicas de interacción a nivel de los organismos (alto nivel) es la entidad que realiza la función de *reestructuración cognoscitiva*; es decir, es el *reestructurador cognoscitivo*. Además, como ya anotamos, la dinámica poblacional proporciona los mecanismos para propagar estas reorganizaciones estructurales. Por tanto, la población de organismos, en el caso biológico, es la entidad o unidad de acción responsable de la función de *registro-estructuración cognoscitiva-propagación*.

Por otro lado, el interactor implica la realización de la función de *interacción*, también definida con anterioridad, mediante la cual el sistema actúa sobre el entorno. El interactor es, propiamente, la alternativa propuesta al entorno, la punta de lanza. El

interactor es además la entidad sometida al proceso de selección. Es esta entidad la que es eliminada si no se acopla estructuralmente y de manera efectiva con su entorno. En el caso de una población biológica, el interactor es cada uno de los individuos que componen la población. Solo los interactores que sobreviven al proceso de selección pueden dejar registro en la estructura cognoscitiva del sistema cognoscente con lo que se iniciaría un giro más del Ciclo de generación de valor.

Tenemos pues un esquema que refleja la dinámica de acople estructural entre un sistema cognoscente autónomo y su entorno. Un esquema en el que se muestra el doble ciclo de aprendizaje, y en ese doble ciclo se visualizan las tres unidades de acción – replicador, interactor y estructurador cognoscitivo–, así como el resultado de tales acciones: el modelo mental o estructura cognoscitiva del sistema. Estas unidades de acción realizan las funciones darwinianas propias del proceso evolutivo: el proceso de variación, selección y retención de las variantes seleccionadas. Fijémosnos que, en la variación, eliminamos la palabra adjetiva “ciega” de la fórmula campbelliana pues, de acuerdo con la réplica que hizo Popper a Campbell y de la cual ya hablamos, no todos los procesos de aprendizaje implican este tipo de variación. Nos referimos, en particular, a los procesos de evolución cultural y, específicamente a los procesos de desarrollo de la ciencia.

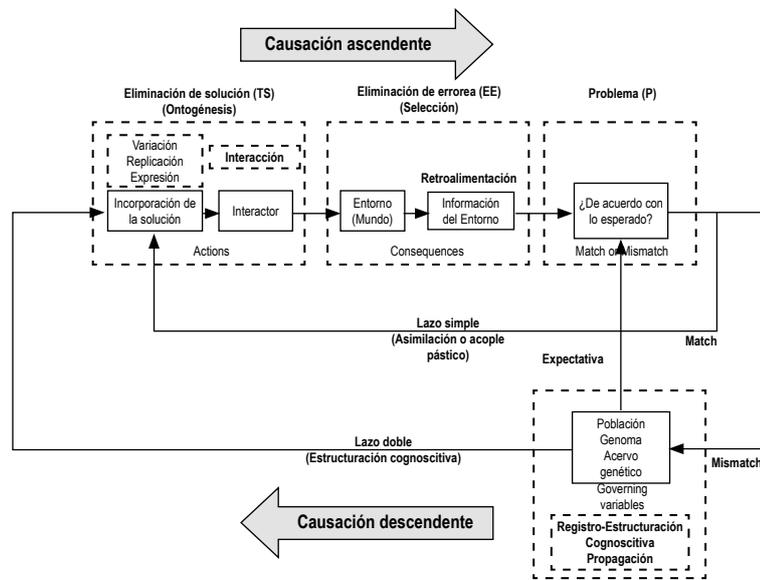
Ahora bien, el diagrama de la Figura 3.4. muestra explícitamente estas tres funciones: la función de *Variación-Replicación-Expresión* en la que la unidad de acción es el *Replicador*, la función de *Interacción* en la que la unidad de acción es el *Interactor* y la función de *Registro-Estructuración cognoscitiva-Propagación* en la que la unidad de acción es el sistema cognoscente autónomo –el estructurador cognoscitivo– con su *Modelo mental*. El Ciclo de generación de valor con su doble lazo de aprendizaje en los ámbitos de *reestructuración cognoscitiva* y *asimilación cognoscitiva*, y en él las tres unidades de acción con las funciones que desempeñan, permite describir de forma más completa, que la postulada por Hull –y esa es nuestra tesis auxiliar N° 2–, procesos de desarrollo del conocimiento que, como el proceso evolutivo biológico, presentan la dinámica de acople estructural entre un sistema cognoscente autónomo y su entorno.



**Figura 3.4.** El Ciclo de generación de valor con las funciones de la dinámica de acople estructural

Si expresamos el diagrama de la Figura 3.4. en términos propios del proceso darwiniano aplicado a las poblaciones biológicas, tendremos el ciclo popperiano replanteado en dicho ámbito, ilustrado en la figura 3.5. Resumido, tenemos que el gen es la unidad de acción sobre la que se da la función de *variación-replicación-expresión*. La variación genética puede darse tanto en la estructura molecular de un gen –en este caso hablamos de mutación– como en la estructura relacional entre genes –qué genes actúan sobre qué otros genes y qué genes se expresan en proteínas–. Los genes en el genotipo se expresan, durante el proceso ontogenético, para producir el fenotipo u organismo individual. En este proceso de creación del organismo puede ocurrir la variación epigenética en la que las condiciones del ambiente canalizan la forma en la que se expresan los genes y, por tanto, la forma en la que se desarrolla el organismo –el fenotipo–. Por otro lado, cada organismo, en la población de organismos, es la unidad de acción sobre la que se da la función de *interacción*. El organismo individual es la tentativa de solución a la problemática de adaptación

que enfrenta la población biológica. Es la punta de lanza popperiana. Por último, la población biológica misma, mirada desde su composición genómica, es la unidad de acción en la que se da la función de registro-estructuración cognoscitiva-propagación. Esa población se construye un nicho en su ecosistema –el entorno biótico y abiótico pertinente–, y permanecer y prosperar en ese nicho implica que las expectativas generadas por su estructura cognoscitiva se mantengan coherentes con las realidades o condiciones presentadas por su entorno.



**Figura 3.5.** El Ciclo popperiano reformulado para el caso de la evolución biológica

Con base en el esquema popperiano reformulado representado en la Figura 3.5., podemos hacer una última observación con la que proponemos una respuesta a la pregunta que dejamos planteada cuando hablamos de los conceptos de causación ascendente y de causación descendente. Esta pregunta estaba orientada a entender cómo podría interpretarse el esquema tetrádico popperiano replanteado mediante el concepto del doble ciclo del aprendizaje

desde la perspectiva de estos procesos de causación. Podemos decir que el flujo causal que ilustra el esquema de la Figura 3.5. refleja precisamente el acople de esos dos procesos distintos de causación. Los organismos individuales de una población biológica se constituyen en los agentes cuya interacción causa la dinámica propia de la población. Si entendemos la población como un sistema y los organismos individuales como subsistemas dentro de ese sistema, tenemos aquí un proceso de *causación ascendente*: la dinámica de interacción de los subsistemas *causa* que el sistema, como un todo, exhiba unas características estructurales y comportamentales específicas. Ahora bien, la dinámica que emerge en la población, reflejada en su estructura cognoscitiva, moldea o modula, a través de un proceso de causación descendente –un control plástico como diría Popper –, el comportamiento de los organismos individuales, causando la generación de roles específicos a los que se ajusta cada individuo, roles que influyen no solo en su éxito vital sino también en su éxito reproductivo.

Traigamos a la mente una manada de lobos. El comportamiento de cada individuo para llevar a cabo las estrategias de caza en busca de alimentos, y los comportamientos orientados al cuidado y aleccionamiento de las crías son comportamientos individuales que causan que la población como un todo tenga un mayor o un menor éxito en su relación con el entorno. Es esta pues una causación ascendente. Por otro lado, la dinámica de la población lleva a que se definan roles y jerarquías entre los individuos haciendo difícil para algunos machos el acceso a las hembras y, a su vez, las hembras pueden practicar una selección sexual apareándose solo con los machos que consideran más atractivos. Tenemos aquí un fenómeno de causación descendente que se refleja en la tasa de supervivencia y reproducción de los ejemplares de la población. Este ejemplo de los lobos, que muestra cómo el flujo informacional de un sistema darwiniano involucra los procesos de causación ascendente y causación descendente, nos permite dar una respuesta a la pregunta planteada al final del apartado 3.5.

Además, con los análisis realizados en este capítulo a las propuestas de Popper, Argyris, Schön y Hull, y la subsiguiente reformulación del esquema tetrádico popperiano, consideramos que

hemos mostrado la pertinencia, para el caso de la evolución biológica, de nuestra tesis principal N° 1 expresada en la introducción de este libro y que presentamos aquí nuevamente.

**Tesis 1.** *El ciclo popperiano de desarrollo del conocimiento se puede reformular, ampliando su capacidad descriptiva, si lo interpretamos bajo el esquema del doble ciclo del aprendizaje de Chris Argyris y Donald Schön. Este ciclo reformulado deja ver claramente el patrón subyacente de cambio en los fenómenos de desarrollo del conocimiento tanto en la ciencia como en la evolución biológica.*

Por su importancia y la amplitud que requiere para ser argumentada, dedicaremos el capítulo 5 para mostrar la pertinencia de esa tesis para el caso del desarrollo del conocimiento en la ciencia.

Por último, con lo expuesto en este capítulo consideramos que podemos dar respuesta a una pregunta planteada en el capítulo 1 –apartado 1.9–: ¿Se podría pensar que formas análogas de contrastación –contrastación interna y contrastación externa de las teorías científicas– pueden darse a nivel del desarrollo orgánico? Nuestra respuesta es que sí. En el caso de la evolución de las especies biológicas existe algo que podríamos llamar contrastación interna y se da durante el desarrollo ontogenético. Durante la expresión del genotipo para construir el fenotipo, el contexto intracelular, así como el extracelular canalizan, durante la ontogénesis, los desarrollos estructurales posibles. Aquellas expresiones no compatibles con esos contextos son desechadas. Aquí se da pues una influencia epigenética análoga a la crítica que hace una comunidad científica sobre la coherencia lógica de una propuesta de teoría. Por otro lado, la selección por el ambiente externo al organismo es una contrastación externa análoga a la contrastación observacional y experimental a la que es sometida una teoría científica frente a los fenómenos del mundo que pretende explicar.

Además, también consideramos que estamos preparados para intentar, en el siguiente capítulo, una respuesta a las preguntas que planteamos al final del capítulo anterior: ¿cómo aprende una organización humana? y más aún ¿cómo aprenden tales organizaciones a aprender?

## Capítulo 4 ¿Cómo aprenden las organizaciones humanas?

### 4.1 Unas palabras sobre economía evolucionista

Luego de que Darwin publicara su teoría de la evolución de las especies biológicas por selección natural en 1859, varios pensadores trataron de aplicar los principios darwinianos de variación, selección y retención a sus respectivas disciplinas. Con esto se dio inicio a la línea de indagación intelectual que hoy se conoce como *Darwinismo Generalizado*. En Economía, uno de los primeros fue el sociólogo y economista estadounidense Thorstein Veblen (1857-1929) quien, en 1898, publicó un artículo titulado ¿Por qué la Economía no es una ciencia evolutiva?<sup>177</sup>, en el que planteó que el desarrollo de la Economía podría explicarse mediante los principios darwinianos<sup>178</sup>. Posteriormente, el economista austriaco Joseph Schumpeter (1883-1950) propuso en su libro *Capitalism, Socialism and Democracy* que el desarrollo del Capitalismo era básicamente un desarrollo evolutivo en el sentido darwiniano (82). Incluso, el economista y filósofo austriaco Friedrich Hayek (1899-1992) en su artículo “Notes on

---

<sup>177</sup> En su título original en inglés: “Why is Economics not an evolutionary science?”

<sup>178</sup> Para un análisis de lo que significó el aporte de Veblen para el Darwinismo generalizado y, en particular, para la Economía evolucionista puede consultarse el artículo de Geoffrey Hodgson “How Veblen generalized Darwinism”.

the Evolution of Systems of Rules of Conduct” publicado en 1967 como capítulo cuarto de su libro *Studies in Philosophy, Politics and Economics* utilizó la metáfora evolucionista para describir el desarrollo económico (66-81).

Sin embargo, fue el libro *An Evolutionary Theory of Economic Change* de Richard Nelson y Sydney Winter, publicado en 1982, el que finalmente impuso el término *Economía evolucionista* en la jerga de los economistas. Estos pensadores pueden ser considerados formalmente como los padres de la visión evolucionista en Economía. Su postulado fundamental es que la aplicación de los principios darwinianos a la Economía no es una cuestión de analogía sino de homología<sup>179</sup>. La lógica darwiniana rige el cambio en las organizaciones humanas y es en el detalle donde está la diferencia entre los fenómenos evolutivos darwinianos en Economía y en Biología. Muchas han sido las aproximaciones a ese detalle, pero la mayoría se basan en los conceptos de *replicador e interactor* acuñados por David Hull<sup>180</sup>.

Para Nelson y Winter las rutinas empresariales son los patrones regulares y predecibles de comportamiento que hacen en las empresas el mismo papel que los genes en los organismos biológicos. Veamos lo que afirman:

[Tanto las rutinas como los genes] son características persistentes del organismo y determinan su posible comportamiento (aunque el comportamiento real está también determinado por el ambiente); son además heredables en el sentido en que los organismos futuros generados por los actuales (por ejemplo, con la construcción de una nueva planta [en el caso de las empresas]) tienen muchas

<sup>179</sup> Vemos que es el mismo argumento de Popper sobre los principios darwinianos aplicados al desarrollo del conocimiento científico y que respaldamos en este libro.

<sup>180</sup> Existen, claro está, excepciones a la regla, como es el caso del economista evolucionista checo Pavel Pelikan quien va más allá y aplica a la economía no la lógica del darwinismo sino la lógica más general de la Biología evolutiva del desarrollo denominada EVO-DEVO.

de las mismas características. Tales características son seleccionables en el sentido que algunos organismos [seres vivos o empresas] con ciertas rutinas [genes] se comportan mejor que otros y, por tanto, su importancia relativa en la población (industria) aumenta con el tiempo (14)<sup>181</sup>.

Nosotros consideramos que la posición de Nelson y Winter constituye una perspectiva estrecha de la analogía. Por ello apoyamos mejor –aunque no completamente– la perspectiva de los economistas holandeses Jan Stoelhorst y Ard Huizing quienes critican la posición de Nelson y Winter ya que, según ellos, confunden conocimiento con comportamiento (15) –las rutinas empresariales son comportamientos–. El conocimiento, para Stoelhorst y Huizing es el que posibilita el comportamiento funcional (21). Para que se desarrolle ese conocimiento es necesario que exista una fuente de variación en el comportamiento y que haya un lazo de retroalimentación que, a su vez, codifique ese comportamiento nuevo en conocimiento. Este lazo de retroalimentación incrementa la probabilidad de que comportamientos que fueron exitosos en el pasado se repitan en el futuro. El algoritmo darwiniano de variación-selección-retención es la condición necesaria y suficiente para que se codifique el nuevo comportamiento convirtiéndose en conocimiento y, por tanto, para que ocurra el aprendizaje organizacional. Vemos que el lazo de retroalimentación de Stoelhorst y Huizing no es otra cosa que una aproximación al ciclo de generación de valor que proponemos en este libro. Además, aducen estos autores, que la posición de Nelson y Winters les quita a los individuos el rol de ser

<sup>181</sup> “[Both the routines and the genes] are a persistent feature of the organism and determine its possible behavior (though actual behavior is determined also by the environment); they are heritable in the sense that tomorrow’s organisms generated from today’s (for example, by building a new plant) have many of the same characteristics, and they are selectable in the sense that organisms with certain routines may do better than others, and, if so, their relative importance in the population (industry) is augmented over time”. La traducción es nuestra y los corchetes también. Se colocan para hacer más claro el texto.

el *locus* de la información<sup>182</sup> requerida para configurar el comportamiento organizacional (16). Es decir, los individuos dejan de ser los agentes del cambio con base en su conocimiento.

Para Stoelhorst y Huizing el conocimiento productivo en las compañías es el resultado del aprendizaje organizacional, siendo el aprendizaje un proceso y el conocimiento un estado. La manera en que se da este proceso de aprendizaje se explica por el algoritmo darwiniano de variación, selección y retención. Las compañías son pues *máquinas darwinianas*. Aquí deseamos señalar que no compartimos el uso del término *máquina*, por su connotación de mecanismo, que es muy lejana a la esencia de los organismos vivos, diferencia que precisamente resaltan los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela en su libro *De máquinas y seres vivos*<sup>183</sup>.

Sin embargo, para que el algoritmo darwiniano funcione es necesario que exista una manera de retener información acerca de lo que funcionó en el pasado y esta información debe respaldar la forma en la cual el organismo interactúa con su ambiente. Esta información registrada en el organismo –la empresa en este caso– es llamada *códex* por Stoelhorst y Huizing: “El éxito relativo de comportamientos diferentes, en la interacción con el ambiente, cambia el *códex* del sistema de tal forma que la probabilidad de que el sistema despliegue comportamientos exitosos [en el futuro] se

---

<sup>182</sup> Aquí el término “Información” que utilizan estos autores se refiere a la conjunción de lo que en este libro hemos denominado conocimiento explícito y conocimiento tácito.

<sup>183</sup> Humberto Maturana (1928) y Francisco Varela (1946–2001) consideran que la propiedad básica de un organismo vivo es que se crea y recrea a sí mismo. Llamamos a esta propiedad la *autopoiesis* y, argumentan que la característica básica que distingue a los sistemas autopoieticos es que funcionan con un único objetivo, mantenerse en la existencia. Este es un objetivo inmanente al sistema, no impuesto desde afuera; es decir, los sistemas autopoieticos son autónomos. Las máquinas construidas por el hombre, en cambio, tienen unos objetivos fijados por su diseñador; son heterónomas (*De máquinas* 71).

incrementa” (11)<sup>184</sup>. Es claro que lo que estos autores llaman *códex* no es otra cosa que lo que hemos denominado *Estructura cognoscitiva* en este libro: la creación autónoma e interna de esa estructura por parte del organismo; una estructura de naturaleza mnemónica que hace la función de un registro, que *simula* las características para él pertinentes del entorno y que le permite un desempeño exitoso en tal entorno. Por eso nos parece desafortunado el uso del término *códex* para denotar esta estructura cognitiva, ya que *códex* se asimila a codificación o información codificada; es decir, conocimiento explícito, que es muy distinto del conocimiento tácito que, como hemos enfatizado, es el conocimiento más importante de las estructuras cognoscitivas propias, tanto de los individuos humanos como de las organizaciones constituidas por tales individuos<sup>185</sup>. Recordemos que en el caso de las organizaciones humanas esa estructura cognoscitiva se asimila a las variables de gobierno de Argyris y Schön que constituyen, en parte, la teoría expresada, pero principalmente la teoría usada –de naturaleza tácita– que rigen el comportamiento de tales organizaciones.

Stoelhorst y Huizing concluyen en su argumentación que el *códex* de la firma equivale a la combinación específica de conocimiento individual, activos, mecanismos de coordinación y propósitos compartidos. Esta combinación se da gracias a un proceso comunicacional interno a la organización; un proceso que, en su dinámica, genera el ambiente interno o “cultura” de la organización. El *códex* es el que habilita o constriñe el comportamiento de la firma y es en él donde reside el conocimiento de la misma: “Las organizaciones aprenden cambiando consciente o inconscientemente uno o más de estos bloques de construcción del conocimiento y retroalimentando los efectos de estos cambios en el éxito

---

<sup>184</sup> “The relative success of different behaviors in the interaction with the environment changes the codex of the system so that the likelihood that the system displays successful behaviors increases”.

<sup>185</sup> Tengamos presente que, tanto en los individuos humanos como en las organizaciones humanas, la estructura cognoscitiva es una combinación de conocimiento tácito, no explicitable, y de conocimiento explicitable mediante el lenguaje.

de la firma de tal manera que aquellos cambios que funcionan son retenidos” (Stoelhorst and Huizing 24)<sup>186</sup>. Por otro lado, la variación se da como cambios en el códex del sistema, cambiando bien sus componentes –los bloques de construcción– o bien la forma como ellos interactúan. De todas maneras, la fuente de toda variación en las empresas está siempre en los individuos que las conforman (23). Los individuos son los agentes del cambio en la organización. Deciden y actúan con base en el aprendizaje obtenido de experiencias pasadas y teniendo como referencia los objetivos de la organización a corto, mediano y largo plazo. Las acciones de cambio sobre el comportamiento de la empresa son siempre intencionales. Esto hace, por su carácter intencional, que el mecanismo de variación y el proceso de selección estén acoplados en las organizaciones humanas. En este caso, al contrario de la biología, la variación no es ciega y, por tanto, el desarrollo empresarial es, en parte, lamarckiano (7).

Popper, refiriéndose no a las organizaciones humanas sino a los hombres como organismos individuales, sostiene que nuestras conductas personales son como la punta de lanza que enviamos al medio. Si esa punta de lanza no da en el blanco, es decir, si la conducta que desplegamos como individuos no es exitosa, debemos desecharla y, de esa manera, la conducta *muere* en lugar de morir nosotros. Esto se cumple para cualquier organismo individual que genere conductas frente al medio surgidas no de base genética sino de los estados mentales del organismo. Pero, agrega Popper que: “Nuestros estados de conciencia se relacionan de un modo similar con nuestra conducta, pues la anticipan examinando por ensayo y error sus posibles consecuencias. Por tanto, no solo controlan, sino que además ensayan *deliberadamente*” (*Conocimiento objetivo* 232).

<sup>186</sup> “Organizations learn by either consciously or unconsciously changing one or more of these building blocks, and feeding back the effects of these changes on the success of the firm in the market so that changes that work are retained”.

En estas consideraciones vamos a destacar de Popper tres cosas. La primera se refiere a la afirmación que hace en el sentido de que nosotros examinamos mentalmente las conductas que vamos a proponer al medio con miras a anticipar sus posibles consecuencias. Esto quiere decir, nada más y nada menos, que nosotros hacemos simulaciones constantes sobre nuestro actuar antes de actuar realmente, así no seamos conscientes de que las hacemos. El cerebro, en los individuos humanos, es su aparato *modelador del mundo*. La segunda cosa que queremos destacar tiene relación con la palabra “deliberadamente” que utiliza Popper en la cita anterior. Cuando decimos que algo es deliberado lo que queremos decir es que examinamos diferentes alternativas de acción y escogemos aquella que nos parece mejor. Por ello es por lo que en los humanos las conductas de acción surgen mediante un acople entre los procesos de variación y selección; tenemos ideas o intuiciones de acción y deliberadamente escogemos aquellas que nos parece serán exitosas frente a la situación del entorno. La variación y la selección están acopladas. Por último, y es lo que trataremos con detalle en el siguiente apartado, las organizaciones humanas también despliegan comportamientos que sirven de punta de lanza frente al medio. Esos comportamientos, si no son exitosos, mueren en lugar de morir la organización que los generó.

Nos preguntamos entonces, de acuerdo con lo anterior, ¿en qué consiste el comportamiento de una organización humana? Consideramos importante esta pregunta porque es precisamente mediante sus comportamientos que las organizaciones humanas interactúan, exitosamente o no, con su entorno.

#### 4.2 Sobre los comportamientos organizacionales

Con relación a las organizaciones humanas y, en particular a las empresas productivas, una primera aproximación para entenderlas como sistemas evolutivos nos la da la denominada *Economía evolucionista*. Esta subdisciplina de la Economía mira el desarrollo de las organizaciones empresariales, y en general de las organizaciones humanas, desde la perspectiva de que tales organizaciones son *interactores*, considerando estos bajo la definición de David Hull.

Si las rutinas son, de algún modo, como los genes y por tanto son los replicadores en la evolución económica, ¿qué es lo que aquí hace el papel de ‘vehículos’ o ‘interactores’? Nosotros sostenemos que la compañía es la que mejor se adecúa a ese papel. La aplicación de la definición aceptada de interactor (Hull, *Science and Selection* 408) en este dominio tiene las consecuencias siguientes: de la interacción entre un interactor con su entorno, depende el destino de sus replicadores constituyentes (Hodgson y Knudsen 283)<sup>187</sup>.

En este caso, el entorno está constituido por el mercado que incluye a las demás empresas de la competencia y, en general, a los grupos de Interés de la compañía tales como clientes, proveedores, comercializadores, accionistas, gobierno, comunidad e incluso el medioambiente. Bajo esta perspectiva, las empresas compiten unas con otras –como interactores– y sobreviven o mueren según sea o no efectivo su comportamiento en el entorno. Las empresas son pues, desde este punto de vista, el análogo de los organismos vivos en biología, y el ecosistema económico y social es el análogo del ecosistema biológico, solo que lo que fluye y se intercambia, en lugar de nutrientes, es dinero y bienes o servicios.

Desde el enfoque que hemos dado a nuestra investigación, vamos a controvertir la tesis anterior defendida por los economistas evolucionistas. Para ello precisaremos primero lo que hemos entendido en este libro como *interactor* y lo aplicaremos al caso de las organizaciones humanas, y luego precisaremos igualmente lo que hemos entendido por *replicador* para aplicarlo a tales organizaciones.

<sup>187</sup> “If routines are in some ways like genes, and are thus key ‘replicators’ in economic evolution, what serve as their ‘vehicles’ or ‘interactors’? We argue that the firm is best regarded as their interactor. The application of the accepted definition of an interactor (Hull, *Science and selection* 408) in this domain has the following consequence: upon the outcome of the interactions between an interactor with its environment, the fate of its constituent replicators depends”.

Primero que todo, como ya expusimos con anterioridad, un interactor no tiene la misma connotación que un vehículo pues este es, en términos de Dawkins, una entidad pasiva que solo sirve de transportador –*carrier*– de los replicadores. Un interactor es –y en eso sostenemos las tesis de Hull– una entidad activa que participa en el flujo intercausal responsable de los procesos evolutivos de los sistemas cognoscentes autónomos. Pero es necesario darles su verdadera función en ese proceso. Para ello acudamos a la ayuda que nos presta Popper. En nuestro enfoque, un interactor es básicamente una *tentativa de solución* a problemas de acople entre el sistema cognoscente y el medio. Es una especie de sonda de prueba –dentro del proceso popperiano de ensayo y error– que lanza el sistema con miras a probar mejores acoples estructurales con ese medio, de tal manera que, en caso de fracaso, no *mueran* el sistema cognoscente, sino que solo *mueran* esa sonda de prueba. Para el caso de la evolución biológica el sistema cognoscente es, como ya habíamos establecido, la población de organismos, y los interactores son los organismos individuales. El sistema cognoscente –la población– se relaciona con el medio, exitosamente o no, a través de tales organismos. La población es el eslabón del ciclo intercausal que le faltó a Hull según establecimos mediante nuestra tesis auxiliar N° 2.

Las preguntas que planteamos aquí son: ¿en el caso de las organizaciones humanas cuál entidad funge como sistema cognoscente autónomo? ¿Cuál hace la función de interactor? ¿Cuál hace la función de replicador? La respuesta a estas preguntas está relacionada con la respuesta a la pregunta que dejamos planteada al final del apartado anterior, ¿en qué consiste el comportamiento de una organización humana? Para responderla, vamos a plantear la siguiente tesis auxiliar:

**Tesis auxiliar N° 3:** *el comportamiento de las organizaciones humanas se concreta en sus estrategias de acción.*

Para iniciar la argumentación con la que defenderemos esta tesis, debemos definir qué entendemos por *estrategia de acción* –o simplemente estrategia– en el caso de las organizaciones humanas. Como en el juego de ajedrez, en el que cada jugador despliega sus

movimientos pensando en la manera en que ha jugado su oponente y en las posibles jugadas que realizará como respuesta a cada movimiento propio, las organizaciones humanas están sumidas en un juego de actores del mercado, juego que, por su complejidad, tiene un alto nivel de incertidumbre y en el que cada actor hace sus jugadas previendo las reacciones y las jugadas del resto de actores. Los profesores estadounidenses de gestión empresarial Warren Haynes (1921–1972) y Joseph Massie (1921) dicen que en este juego de actores: “La planeación [de acciones] ante contingencias impredecibles acerca de las cuales solo se dispone de información fragmentaria y donde se tiene en cuenta el comportamiento de los otros [actores] puede ser llamada estrategia” (147)<sup>188</sup>.

Esta visión de Haynes y Massie es más bien idealista si tenemos en cuenta que en estos juegos empresariales los actores no juegan su juego de forma completamente racional. Los planes o estrategias de acción trazados explícitamente no reflejan todo lo que la compañía hace frente al medio. Una visión más enfocada sobre lo que hacen las compañías para mantenerse competitivas en su entorno es la que sustenta el economista y experto en estrategia empresarial estadounidense Michael Porter (1947). Para Porter “La estrategia competitiva es la búsqueda de una posición competitiva favorable en una industria, la arena fundamental en la que se da la competencia” (26)<sup>189</sup>. Esta “búsqueda de una posición competitiva favorable” es un concepto clave sobre el cual hablaremos posteriormente.

Para entender mejor cómo se comportan realmente las compañías nos apoyaremos también en el teórico canadiense de la administración organizacional, Henry Mintzberg (1939), quien ha investigado ampliamente la forma en que las empresas generan sus estrategias de acción. Si bien la mayoría de los pensadores or-

<sup>188</sup> “The planning for unpredictable contingencies about which fragmentary information is available, where the behavior of others is taken into account, can be called strategy”.

<sup>189</sup> “Competitive strategy is the search for a favorable competitive position in an industry, the fundamental arena in which competition occurs”.

ganizacionales sostiene que las estrategias son planes en los que las intenciones de los estrategas se concretan conscientemente en un conjunto de acciones hacia el futuro buscando conseguir unos objetivos –la posición racionalista–, Mintzberg considera que también pueden ser patrones que emergen, a menudo inconscientemente, de comportamientos pasados (258). Esto está en perfecto acuerdo con la visión postulada por Argyris y Schön, en el sentido que las decisiones en una empresa se toman no solo teniendo en cuenta las normas explícitas –teoría expresada– sino, y principalmente, las normas tácitas implantadas inconscientemente en la organización –teoría usada–. Los principios de acción que rigen el comportamiento de la organización –*governing values*– son una combinación de ambos tipos de normas, de ambas teorías.

Las estrategias, en cuanto “planes”, son deliberadas y están orientadas al control y al futuro. Como patrón emergente son, por su parte, un proceso de aprendizaje sobre nuestros comportamientos pasados. Las estrategias de la vida empresarial se sitúan entre estos dos extremos: no son puros planes ni pura emergencia, sino una combinación (Mintzberg 5). En este sentido, anota Mintzberg: “Como Kierkegaard ha observado, la vida se vive hacia adelante pero se entiende hacia atrás” (379).

En el caso de una empresa, una estrategia se concreta en un producto o servicio que se brinda al cliente. Sin embargo, también existen estrategias que no son productos o servicios sino relaciones. La manera que tiene la empresa de relacionarse con un proveedor puede posicionar a la empresa ante ese proveedor y hacer que este la prefiera ante otras para proveerle insumos para sus productos. Lo mismo puede decirse de otros grupos de interés como los distribuidores o comercializadores, los accionistas e incluso la comunidad local que se ve impactada por el accionar de la empresa.

La concepción ampliada de producto o servicio es la de *red de experiencias* (Prahalad y Ramaswamy 113). Una empresa no crea un producto o un servicio para el cliente; crea un espacio, una red de experiencias o de posibilidades de experiencias que involucra al mismo cliente. Una compañía de automóviles no vende un carro; vende comodidad en el transporte, vende lujo, vende estatus,

vende sensación de potencia y velocidad, vende garantía, vende mantenimiento, etc. Esto puede decirse para los demás grupos de interés. Cada estrategia que la compañía crea es realmente una red de experiencias que brinda beneficios al actor del entorno – grupo de interés– sobre el que dirige su acción, y en general, al ecosistema económico global del que la empresa forma parte. Las estrategias que llevan a redes de experiencia más exitosas dejan más descendientes. Son modos de interacción que se reproducen mejor en la organización; es decir, que se repiten una y otra vez en los procesos de relación con los grupos de interés.

Las estrategias son pues las acciones conscientes e inconscientes que realiza la empresa frente a su entorno en su juego de permanecer en la existencia y seguir siendo competitiva. En otras palabras, *las estrategias son los comportamientos de la empresa en su relación con el medio*, y es con esta conclusión que mostramos la pertinencia de lo postulado en nuestra tesis auxiliar N° 3. Ahora bien ¿Cómo un patrón de acción colectivo puede ser inconsciente? La respuesta nos la da el pensador del aprendizaje organizacional estadounidense Peter Senge, quien considera que la manera en que una organización se comporta y actúa frente a su entorno depende de ciertas estructuras mentales compartidas por los miembros de la organización; especialmente por los tomadores de decisiones. Estas estructuras mentales compartidas forman parte de la cultura organizacional y Senge las denomina *Arquetipos sistémicos* (123). Tales arquetipos, en su mayoría inconscientes, conforman el modelo mental de la organización.

Podemos ver que esas estructuras mentales colectivas son los patrones de comportamiento que consideran Argyris y Schön en su teoría de la acción. Nuestro pensamiento consciente está condicionado por el lenguaje que, con su estructura sujeto-verbo-predicado favorece el pensamiento lineal y dificulta ver retroalimentaciones y pares causa-efecto en los que las causas y los efectos están muy separados en el tiempo o en el espacio. Por esta razón, nos es difícil hacer conscientes los arquetipos sistémicos tácitos que condicionan nuestros comportamientos, tanto individuales como colectivos y que solo son perceptibles a través de los comportamientos mismos.

Podemos ver con un ejemplo simple lo que es un arquetipo sistémico. La guerra fría que enfrentó a Estados Unidos con la Unión Soviética desde finales de la Segunda Guerra Mundial hasta la caída del muro de Berlín ilustra un comportamiento colectivo impulsado por un arquetipo sistémico basado en el pensamiento de que *como tú te armas y con ello me amenazas, entonces yo me armo y con ello te amenazo y te disuado de amenazarme*. Fue un arquetipo que enmarcó la carrera armamentista entre estas dos naciones y que puso seriamente en peligro al mundo entero porque llevó al escalamiento del potencial nuclear en ambos bandos sin que ninguno se disuadiera de amenazar al otro.

#### **4.3 Las organizaciones humanas: sistemas cognoscentes autónomos**

Si las estrategias son los comportamientos de la organización, estas son entonces las formas tangibles mediante las cuales la organización humana y, en particular la empresa, se relaciona, como un todo diferenciado, con su entorno constituido por los demás actores del mercado. Las estrategias son las puntas de lanzas que las empresas lanzan al medio buscando mejorar su acople estructural con él. Son las tentativas de solución popperianas a los problemas que plantea el medio. Si una estrategia no da en el blanco, si la tentativa de solución no es exitosa, es ella la que *muere* en lugar de que muera la empresa. Por tanto, la entidad que funge como sistema cognoscente autónomo es la empresa y las estrategias de acción son los verdaderos interactores con los que ese sistema cognoscente prueba su relación con los demás actores del mercado que conforman su entorno.

Lo anterior nos permite postular, a modo de conclusión, una cuarta tesis auxiliar:

**Tesis auxiliar N° 4:** *las entidades que interactúan con el entorno en las organizaciones humanas –los interactores– son las estrategias que concretan el actuar de la organización sobre dicho entorno. Estas estrategias se manifiestan en productos, servicios o reglas de relación con los grupos de interés de la organización.*

Resumiendo, las estrategias son los interactores con los que una organización humana aprende de su medio y se acopla a él, siguiendo básicamente el método popperiano de prueba y corrección de errores. Corregir el error consiste entonces en eliminar el interactor, es decir, la estrategia no exitosa, y así probar otra; no en eliminar la empresa. La empresa, en este contexto es, como argumenta el economista evolucionista inglés Eric Beinhocker (1968), una *población de estrategias* (170). La analogía con la población de organismos en el ámbito biológico se hace más patente. Con ello respondemos a dos de las preguntas que antes habíamos dejado planteadas: ¿en el caso de las organizaciones humanas cuál entidad funge como sistema cognoscente autónomo? ¿Cuál hace la función de interactor? Y con eso también controvertimos la tesis estándar de la economía evolucionista que postula que las empresas son el equivalente de los interactores bajo la acepción establecida por David Hull.

Quisiéramos, antes de intentar la respuesta a la tercera pregunta: ¿cuál entidad hace la función de replicador en el caso de las organizaciones humanas? reforzar las conclusiones anteriores apoyándonos en el aporte de Eric Beinhocker. Este economista sostiene que, como las organizaciones son “sistemas complejos” que interactúan con un medio de alta incertidumbre, la mejor manera de concebir las estrategias y de modificarlas es utilizando las mismas tácticas que utilizan los seres vivos en la Naturaleza. Escribe:

La clave de la habilidad de la Naturaleza para desarrollar estrategias que afronten la incertidumbre está en el hecho de que la evolución ocurre no en individuos [lo que sí hace la selección] sino a través de poblaciones. Una especie es siempre una población de estrategias, con nuevas adaptaciones o experimentos emergiendo constantemente. De igual modo, los negocios deberían cultivar una población evolutiva de estrategias [como de hecho hacen empresas como Apple, Google y Microsoft] (169)<sup>190</sup>.

<sup>190</sup> “The key to nature’s ability to develop strategies in the face of uncertainty is the fact that evolution occurs not in individuals but across populations. A species is always a population of strategies, with

Y agrega, continuando con la analogía: “Para entender cómo formular estrategias en el mundo de los negocios, reemplace [en la analogía biológica] especie con compañía y combinación de genes [es decir, organismos] con estrategias de negocios” (170)<sup>191</sup>. En este punto estamos en desacuerdo con Beinhocker pues, como ya argumentamos previamente, no es la especie sino la población de organismos de la misma especie la que puede ser considerada como un sistema cognoscente autónomo en el dominio de la evolución biológica. Cada organismo individual es una combinación específica de algunos de los genes pertenecientes al genoma de la población. Si las estrategias de una compañía son el análogo de los organismos en una población biológica, ya que ambos desempeñan la función de interactores en el proceso de acople estructural de estas entidades con su entorno, entonces, las empresas que son las generadoras de las estrategias serán el análogo de las poblaciones biológicas y no, como argumenta Beinhocker, de las especies biológicas. Son las poblaciones biológicas las que, mediante su dinámica interna, generan los organismos individuales que servirán de interactores con el medio. Cada estrategia es una apuesta de la empresa; cada organismo es, análogamente, una apuesta de la población. Desde este punto de vista una organización humana puede ser mirada como una *población de estrategias* con lo que la analogía se ve más clara: la empresa, como sistema cognoscente autónomo, es el análogo de la población biológica de organismos de la misma especie.

Para mostrar con mayor claridad la analogía, utilicemos la metáfora gráfica desarrollada por el matemático y biólogo evolucionista estadounidense Sewall Wright (1889–1988)<sup>192</sup>. Este propuso, en el artículo clásico “The roles of mutation inbreeding crossbreeding

---

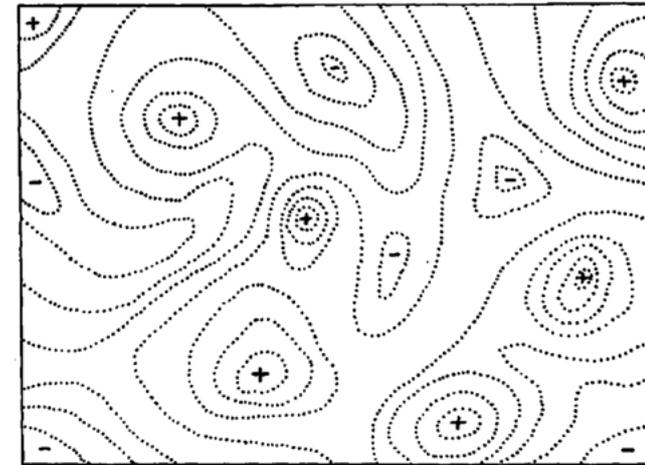
new adaptations, or experiments, constantly emerging. Likewise, businesses should cultivate evolving populations of strategies, much as [Apple, Google and Microsoft do]”.

<sup>191</sup> “To understand how to frame strategies in the business world, replace species with company and gene combinations [organisms] with business strategies”.

<sup>192</sup> Beinhocker también utilizó esta metáfora en su análisis.

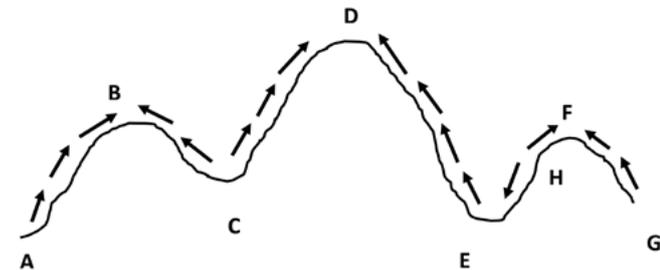
and selection in evolution” de 1932, un mecanismo distinto, pero, según él, complementario del mecanismo de la selección natural darwiniana para originar el cambio evolutivo en una población biológica; lo llamó *Deriva genética*. Para explicar este mecanismo a sus colegas biólogos con poca preparación matemática se ideó la metáfora gráfica que bautizó como *Paisaje adaptativo*<sup>193</sup>.

Hagamos una pequeña digresión aquí para exponer este concepto de paisaje adaptativo. En su lucha por sobrevivir, las poblaciones biológicas exploran constantemente un espacio abstracto de adecuación, esto es, de acople a su entorno, —el paisaje adaptativo—, buscando posicionarse en el lugar de ese paisaje que mejor les garantice su supervivencia. Esos lugares de alta adecuación los llamó Wright *picos adaptativos*. El paisaje adaptativo es un diagrama que muestra, en un plano, una distribución de valles y colinas donde la altura de las colinas es perpendicular al plano y se representa por curvas de nivel que simulan la dimensión vertical. Las cimas de las colinas están marcadas con un símbolo “más” y las simas de los valles con un símbolo “menos”. En el paisaje adaptativo de Wright, cada punto de la superficie representa un tipo posible de población orgánica. Dos poblaciones con un acervo genético —o con un fenotipo promedio— muy similar se encontrarán cercanas en el plano. El grado de adaptación de una población a su ambiente es proporcional a la altura del punto correspondiente a esa población. A mayor altura mayor adaptación. En la Figura 4.1. se muestra el diagrama original de Wright con sus picos y valles sobre un plano de cotas que representa el paisaje adaptativo.



**Figura 4.1.** Paisaje adaptativo según Sewall Wright (358)

Una manera de interpretar los paisajes adaptativos se logra si trazamos un corte de la figura anterior sobre un plano vertical —corte transversal—. En el corte que mostramos a manera de ejemplo, se reflejarán montañas —coronadas en los puntos B, D, F— y valles —con simas en los puntos A, C, E, G—, como se ve en la Figura 4.2. Este diagrama muestra que una población que se encuentre en un valle tiende, con el tiempo, y gracias a la selección natural darwiniana, a subir por la colina cercana, como muestran las flechas, acercándose a la cima de dicha colina; es decir, se adapta a su entorno.



**Figura 4.2.** Corte transversal del paisaje adaptativo de Wright

<sup>193</sup> Wright siguió el ejemplo del biólogo escocés Conrad Waddington (1905–1975) quien también utilizó la metáfora gráfica del *Paisaje epigenético* para explicar la influencia de factores no genéticos en el desarrollo de un embrión (Waddington 95). El término en inglés para paisaje adaptativo es *Fitness landscape*.

La propuesta de Wright para explicar el surgimiento de nuevas especies sugiere que si un subgrupo pequeño de la población original –situado en “H” en el diagrama– queda aislado de esa población principal debido a algún fenómeno climático, accidente geográfico u otro tipo de situación y ese aislamiento es duradero –no hay flujo genético entre las poblaciones–, en ese grupo aislado podrían presentarse, debido a la endogamia, variaciones aleatorias en su acervo genético, existiendo la posibilidad de que el grado de adaptación de dicho grupo poblacional disminuya, reflejándose esto en el diagrama como un punto que, estando inicialmente en “H”, empieza a bajar por la pendiente hacia el valle “E” para luego subir, gracias a la selección natural, por la colina coronada por el pico “D”. De esta manera, la población separada llegaría con el tiempo a su máximo grado de adaptación en “D” y se podría constituir en una especie distinta de la de la población original que está situada en la colina de la derecha en el diagrama y que, en su mayor grado de adaptación, se ubicaría en el punto “F”.

Normalmente, cuando una población está *atrapada* en un pico adaptativo es difícil que baje del mismo, *motu proprio*, hacia un valle de baja adaptación para luego subir nuevamente a un pico distinto. Un ejemplo claro es el apéndice humano<sup>194</sup>. Sería mejor no tenerlo, sin embargo, un fenotipo con apéndice reducido está en desventaja en relación con otro con ese órgano normal, ya que la reducción del tamaño de dicho órgano conlleva una mayor predisposición a infecciones y, por ende, una mayor amenaza para la vida. En este caso, tener apéndice equivale a estar en un pico adaptativo; no tenerlo equivaldría a estar en un pico adaptativo más alto –el organismo estaría mejor adaptado en este segundo pico que en el primero–; pero tener un apéndice reducido equivaldría a estar en un valle adaptativo.

Aplicando la metáfora a las empresas, estas lanzan diferentes estrategias para explorar regiones tanto cercanas como lejanas de

<sup>194</sup> Este ejemplo se tomó del artículo de Andrew Hendry *et al* titulado “Evolutionary principles and their application” (167).

su paisaje adaptativo que es, en este caso, el mercado<sup>195</sup>. Pero en la naturaleza como en los negocios, estos paisajes adaptativos no permanecen estables, sino que varían constantemente por diferentes causas. Beinhocker sugiere que el situarse en un pico adaptativo se logra, para las empresas, si se siguen los mismos principios sencillos que utiliza la Naturaleza. Podemos, apoyándonos en ese autor, esbozar estos principios dentro de la metáfora de los paisajes adaptativos de Wright tanto para las empresas como para los sistemas cognoscentes autónomos como sigue:

1. Estos sistemas experimentan constantemente buscando nuevos y mejores picos adaptativos. Este “experimentar” consiste en lanzar, de manera continua, nuevas *puntas de lanza* como interactores con el entorno. En el caso de las empresas donde los interactores son las estrategias de acción, según mostramos, esto equivale a no quedarse quietos y lanzar constantemente nuevos productos, aunque los productos actuales estén siendo exitosos. Un cambio abrupto en las condiciones del entorno podría hacer obsoletos esos productos y acabar cualquier diferenciación competitiva. Eliminar tal diferenciación se conoce en la teoría empresarial como el principio del “retorno a cero”, según el cual todos los competidores, ante un cambio de ese tipo, vuelven a la línea de partida en iguales condiciones. Podría asimilarse esta exploración constante de nuevos picos adaptativos a la búsqueda continua de lo que los autores de teoría empresarial Chan Kim y Renée Mauborgne llaman los “Océanos azules”; aquellos nuevos nichos de mercado en los que aún no existen competidores y, por tanto, pueden ser explotados, al menos por un tiempo, libres de las presiones competitivas<sup>196</sup>.

<sup>195</sup> Este proceso exploratorio que emprende una empresa para adaptarse mejor a su entorno está de acuerdo con la definición de estrategia que tomamos de Michael Porter entendida como “la búsqueda de una posición competitiva favorable” (Porter 26).

<sup>196</sup> Para una descripción de la teoría de los “Océanos azules” puede consultarse el libro de W. Chan Kim y Renée Mauborgne *La estrategia del océano azul* (cfr. Kim and Mauborgne 2008). Un ejemplo clásico de Océano Azul se dio en el caso del famoso Circo del Sol donde esta compañía canadiense reinventó la forma de hacer circo.

2. Los sistemas cognoscentes autónomos exploran varios espacios cercanos a la vez para aumentar la probabilidad de encontrar un pico más adecuado. Esto equivale a generar conjuntos de estrategias que eviten al sistema el riesgo de poner los huevos en la misma canasta.
3. Los sistemas cognoscentes autónomos utilizan dos esquemas distintos de exploración en el paisaje adaptativo: la exploración incremental que busca experimentar con pequeños cambios a la forma en que se hace el negocio actual –equivale, en biología, al acople plástico de los organismos de la población a pequeñas variaciones en el entorno, que hemos llamado *asimilación cognoscitiva*, o, también, al acople estructural gradual que postula el darwinismo–; y la exploración a saltos que consiste en experimentar con cambios radicales que pueden llevar a un nuevo *pico adaptativo* superior al actual –equivale, en biología, al salto evolutivo que postula la teoría del Equilibrio Puntuado–.

La búsqueda de los picos más altos en estos *paisajes adaptativos* implica que la compañía debe mantener un portafolio de estrategias –o de experimentos estratégicos si utilizamos el concepto popperiano de ensayo– encauzadas la mayoría de las veces al negocio que bien conoce, pero algunos en negocios que son más inciertos pero que pueden prepararla para enfrentar con éxito cambios radicales en el ambiente competitivo. Como afirma Beinhocker: “En un mundo incierto, la estrategia consiste realmente en crear opciones y abrir nuevas posibilidades en lugar de cerrarlas” (173)<sup>197</sup>. Una muy buena manera de concebir y probar un portafolio de estrategias es utilizar el análisis clásico de simulación mediante escenarios, y el modelado con dinámica de sistemas<sup>198</sup>.

<sup>197</sup> “In an uncertain world, strategy is really about creating options and opening up new choices, not shutting them down”.

<sup>198</sup> La dinámica de sistemas es un método para analizar y modelar sistemas complejos en los que los lazos de retroalimentación que presentan retardos en el tiempo hacen muy difícil ver las consecuencias de las acciones sobre tales sistemas complejos. Las dinámicas aquí involucradas son dinámicas no lineales. Además, como técnica de simulación, la dinámica de sistemas permite construir modelos con los cuales se pueden predecir los

Mediante esta técnica no mueren siquiera las estrategias cuando fracasan en su enfrentamiento con el mundo real, sino que mueren las simulaciones de esas estrategias cuando fracasan enfrentadas a un mundo igualmente virtual que simula o modela al real. Esto nos lleva a que la empresa debe aprender a aprender; es decir, siguiendo nuestro esquema del doble ciclo de aprendizaje, debe aprender a circular de manera consciente y sistemática tanto por el ciclo simple donde se da solo la exploración incremental sin cambio en los principios tanto explícitos como tácitos que rigen el actuar de la empresa como por el ciclo doble donde se dan tanto la exploración incremental como la exploración a saltos bajo nuevos principios de acción. Llevando a cabo, de una manera sistemática, este aprendizaje se incrementan las probabilidades de permanecer en la existencia y no solo eso, sino también de crecer para posicionarse cada vez mejor; es decir, para alcanzar picos adaptativos de mayor altura; los océanos azules de Kim y Mauborgne.

Resumamos la analogía entre evolución biológica y desarrollo empresarial en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Analogía entre los dominios de la evolución biológica y del desarrollo empresarial

Dominio	Sistema cognoscente autónomo	Interactor
Evolución biológica	Población biológica	Organismo
Desarrollo empresarial	Empresa*	Estrategia

impactos a largo plazo de decisiones alternativas sobre el sistema modelado. Una introducción amena y sencilla al tema se encuentra en el libro *Introducción a la Dinámica de Sistemas* del profesor español Javier Aracil.

\* Las empresas, y en general las instituciones humanas, como sistemas cognoscentes autónomos, coevolucionan con su entorno igual que las poblaciones biológicas. Es interesante consultar sobre este punto el artículo de los economistas holandeses Jeroen van den Bergh y Sigrid Stagl titulado “Coevolution of economic behaviour and institutions” (289).

La tabla 4.1 resume entonces las respuestas a las preguntas sobre la entidad que, en el caso de las organizaciones humanas, funge como sistema cognoscente autónomo y sobre la entidad que funge como interactor.

#### 4.4 La función variación-replicación-expresión en las organizaciones humanas

Concentrémonos ahora en dar respuesta a la tercera pregunta: ¿Cuál es la entidad que hace la función de *replicador* en el caso de las organizaciones humanas? Sabemos difícil la respuesta ya que la analogía con el dominio de la evolución biológica no es tan clara en este caso. Recordemos, del capítulo 3 donde planteamos una reformulación al esquema tetrádico popperiano, que la entidad que hace la función de replicación realmente realiza la función más compleja denotada por la tríada *variación-replicación-expresión*<sup>199</sup>. Estos tres procesos siempre se ejecutan sobre la misma entidad que, en el dominio de la evolución biológica, es el gen. El gen es la unidad de acción que se asocia a esa triple función. ¿Cuál es entonces esa unidad de acción en el caso de las organizaciones humanas?<sup>200</sup>

Algunos investigadores en el campo de la economía evolucionista consideran que en las empresas este papel lo desempeñan las rutinas empresariales: procedimientos estandarizados para hacer

<sup>199</sup> Los distintos autores investigados que tratan este tema se centran solo en la subfunción de replicación. Nosotros consideramos que las tres subfunciones van siempre ligadas en un sistema cognoscente autónomo pues la molécula base de un cristal, que no es un sistema cognoscente, también se replica, por lo que esta subfunción sola no distingue el proceso propio de los sistemas cognoscentes.

<sup>200</sup> Como las organizaciones humanas son entidades donde se da la transmisión cultural del conocimiento, algunos pensadores consideran que, en analogía con el gen, lo que se replica en esa transmisión son los *memes* (Dawkins 285; Distin 16). Pero el concepto de meme es bastante impreciso y sujeto a debate. Un meme puede ser una canción o solo una tonada de esa canción; puede ser un libro o solo una frase que se cita de ese libro; puede ser una rutina que se ejecuta en un proceso industrial. Por eso no utilizaremos este concepto como parte de nuestra argumentación.

las cosas de manera eficiente en la organización (Nelson y Winter 14). Las rutinas son los hábitos de la organización y, como afirma el etólogo austriaco Konrad Lorenz, los hábitos tienen la función principal de conservar invariable un comportamiento (291). El filósofo David Hull en sus reflexiones sobre el Darwinismo generalizado también apoya esta tesis cuando afirma, en un texto del que es coautor, que en la evolución social las soluciones que se retienen y se replican son los hábitos, rutinas, costumbres y reglas (Aldrich 6). Para Robert Burgelman, experto estadounidense en comportamiento organizacional, en cambio, la variación y la replicación en las organizaciones humanas se dan mediante nuevas iniciativas estratégicas que son seleccionadas internamente y retenidas en forma de estrategias oficiales de la firma (Burgelman 240). Por último, para Jan Stoelhorst y Ard Huizing, de los que ya hablamos, esta función ocurre en los componentes de lo que ellos llaman el *códex* del sistema en el que se combinan conocimiento individual, activos, mecanismos de coordinación y propósitos compartidos (24).

Consideramos que todas estas posturas tienen una validez parcial y, además, que se complementan. Esto es así porque todos estos conocimientos son configuraciones mentales –tácitas– y conceptuales –explícitas– construidas por la organización como un registro de experiencias pasadas, de soluciones a problemas enfrentados, de errores cometidos, de estrategias diseñadas, de proyectos realizados, exitosos o no, etc. Es decir, estas configuraciones constituyen un acervo mnemónico tácito y explícito de la organización con base en el cual puede actuar para acoplarse de manera más efectiva a su entorno. En la evolución biológica, las estructuras genéticas –genes individuales o configuraciones de genes con funciones definidas– son el equivalente de tales configuraciones cognitivas empresariales. Estas configuraciones de genes y los rasgos fenotípicos que ellas originan registran igualmente experiencias pasadas por la especie en su interacción con el medio, de la cual el organismo individual es un miembro actual. La pezuña del caballo registra las condiciones de la estepa en Asia Central, donde sus ancestros evolucionaron pastando y galopando durante millones de años. La respectiva configuración de genes que se expresa en la pezuña registra ese conocimiento de la estepa.

La posición que aquí defendemos toma entonces elementos de todas estas posturas y se expresa mediante la siguiente proposición que se constituye en otra tesis auxiliar que postulamos sobre las empresas como sistemas cognoscentes autónomos.

**Tesis auxiliar N° 5:** *las entidades que varían, se replican y se expresan en las organizaciones humanas son las configuraciones de conocimientos, bien tácitos, bien explícitos e implícitos, que constituyen tanto la teoría en uso como la teoría expresada de la organización*<sup>201</sup>.

Los conocimientos tácito y explícito están incorporados en los recursos de conocimiento de la organización. Estos recursos los podemos agrupar en cuatro categorías. La primera categoría abarca aquellos conocimientos, la mayoría tácitos, que tienen los miembros de la organización y se deben a la experiencia personal de cada uno, acumulada a través de sus años de estudio y de trabajo. Están incorporados en el mismo ser de las personas. Parte de ese conocimiento personal puede ser expresado como ocurre, por ejemplo, cuando un experto plasma en un documento la manera en la que realiza un proceso o cuando plasma en un plano el diseño de un artefacto. Sin embargo, la mayor parte de ese conocimiento personal es tácito y solo se expresa en la decisión tomada y en la acción ejecutada, por lo que muchas veces el experto no puede explicar cómo llegó a tal decisión. Una palabra en inglés para esto es *insight*. En castellano podríamos decir que el experto actuó por intuición.

<sup>201</sup> Estas “teorías en uso” y teorías expresadas” tienen aquí el sentido dado por Chris Argyris y Donald Schön. Los arquetipos sistémicos definidos por Peter Senge son ejemplos de estas configuraciones de conocimiento. También son ejemplos: la “receta” que tiene un químico de una empresa de pinturas para producir una pintura resistente a los rayos UV, la “fórmula” para la particular combinación molecular de componentes de un repelente para mosquitos que no sea tóxico en una empresa de productos insecticidas, o el conjunto de tácticas de ataque y defensa del director técnico de un equipo de fútbol. La particular forma no escrita de preparar la torta de ciruelas que tiene la abuela es otro ejemplo de una configuración de conocimiento.

La segunda categoría abarca todos los recursos de conocimiento explícito con que cuenta la organización. Entre estos están los materiales visuales orales y escritos y los documentos y gráficos almacenados en algún tipo de medio físico y en forma codificada como normas, libros, planos, mapas, dibujos de diseños, grabaciones sonoras y programas de computador o en forma no codificada como imágenes y videos. Es el contenido informacional con que cuenta la empresa.

La tercera categoría comprende los procesos, procedimientos y, en general, las formas particulares de hacer las cosas que tiene la organización. Por último, la cuarta categoría comprende todo aquel conocimiento involucrado en artefactos tecnológicos en los que se apoya la organización para realizar su actividad. Estas dos últimas categorías de recursos pueden inscribirse en una categoría más amplia que es la de *tecnologías*. Los recursos de la tercera categoría son lo que los expertos conocen como tecnologías blandas y los de la cuarta son las llamadas tecnologías duras. El conocimiento en ellos más que tácito o explícito es un *conocimiento implícito*; es decir, no está codificado en un lenguaje simbólico, sino que está incorporado en una configuración física –un aparato– o en un algoritmo de acción –un proceso–. El conocimiento involucrado en la especial construcción de los violines Stradivarius es un ejemplo de conocimiento implícito en estos instrumentos construidos por la familia italiana Stradivari a principios del siglo XVIII que no ha podido ser explicitado. La “fórmula” desapareció con su creador.

Los recursos de conocimiento de estas cuatro categorías se combinan de distintas maneras para apoyar cualquier estrategia de acción que conciba la empresa. Pero existe además un conocimiento, en su mayor parte tácito, involucrado en los patrones colectivos de pensamiento –o arquetipos sistémicos como los denominó Senge– de una organización<sup>202</sup>. Tales arquetipos son

<sup>202</sup> El arquetipo sistémico de Senge puede, en cierta forma, participar de la naturaleza de los arquetipos del inconsciente colectivo tal como los definió el psicólogo suizo Carl Gustav Jung en su libro *Arquetipos e inconsciente colectivo* (12).

estructuras compartidas de pensamiento, algunas de origen biológico, pero la mayoría de las veces de origen cultural<sup>203</sup> que, en general, de manera inconsciente condicionan nuestras perspectivas sobre el mundo y determinan o, sería mejor decir, canalizan los comportamientos con los que actuamos sobre ese mundo.

A estas cuatro categorías de conocimiento, más los arquetipos compartidos culturalmente, las vamos a denominar como *las configuraciones de conocimiento* de la organización, y son los elementos que conforman, mediante su interacción ecosistémica, la estructura cognoscitiva de la organización. Es de esa interacción que emerge la cultura que rige el comportamiento de esta y que define su identidad. Es en estas configuraciones de conocimiento donde se produce la variación que, replicada y expresada adecuadamente, conduce a mantener y mejorar el acople estructural de la organización con el entorno. Son las unidades de acción en las que se presenta la función de *variación-replicación-expresión*. No hablamos aquí entonces de “unidades” análogas a los genes individuales en biología, sino que hablamos más bien de bloques de construcción de conocimiento<sup>204</sup> que se replican en la organización y con los cuales, en combinaciones apropiadas, se construyen las estrategias de la organización. Estos bloques de construcción o configuraciones de conocimiento se pueden combinar –igual que los genes y los trozos de ADN en los organismos vivos– en una variedad de maneras; se pueden dividir o multiplicar, se pueden recombinar de formas distintas y se pueden replicar para hacerse más comunes que otros bloques en la cultura de la organización<sup>205</sup>.

<sup>203</sup> El filósofo de la ciencia, el inglés Michael Ruse, denomina a estas estructuras las reglas epigenéticas primarias –estructuras de origen biológico– y secundarias –las estructuras de origen cultural– (Ruse, *Tomándose a Darwin* 185).

<sup>204</sup> Estos bloques de construcción de conocimiento son configuraciones conceptuales que tienen un sentido explícito o tácito (las teorías expresada y en uso de Argyris y Schön) para la acción efectiva en las organizaciones humanas.

<sup>205</sup> El método TRIZ –sigla en ruso para “Teoría para resolver problemas de inventiva”–, desarrollado por el escritor ruso Genrich Altshuller en 1946 y expuesto en su libro *And suddenly the inventor appeared* promueve una

Entonces, ¿cómo aparece la variación en estos conocimientos? ¿Cómo se da su replicación? ¿En qué forma se expresan? Las respuestas a estas preguntas nos llevarán a mostrar cómo se da la función de variación-replicación-expresión en una organización humana.

Algunos autores consideran que la unidad de variación es la idea (Ruse, *Tomándose a Darwin en serio* 71)<sup>206</sup>. No estamos de acuerdo con esa posición. Nosotros afirmamos con Gregory Bateson que la idea es realmente la expresión de una diferencia; “una diferencia que hace la diferencia” (301). Una idea es pues *una posibilidad* de variación o reacomodación de uno o más de estos bloques de construcción y no es la variación misma. Cuando una idea se estructura formalmente se convierte en un nuevo concepto que es, básicamente, la reorganización, de una manera no prevista con anterioridad, de algunas de las configuraciones o bloques de conocimiento con que cuenta la organización. Las ideas surgen en un individuo, pero normalmente se estructuran de manera colectiva, como conceptos, en el seno de la organización. Sin embargo, la historia muestra también el ejemplo de muchos individuos geniales que, actuando de forma individual, conectaron diferentes conceptos existentes para crear algo nuevo: un invento, una teoría

---

manera para generar ideas que lleven a solucionar problemas o a lograr invenciones de forma sistemática. Utiliza precisamente varias de estas técnicas de cambio de configuraciones conceptuales tales como unir, dentro de esas configuraciones, varios conceptos simples en uno más complejo, dividir conceptos complejos en conceptos más simples, variar un concepto simple y unirlos nuevamente a la configuración original, eliminar un concepto simple, dividir la configuración original en bloques más pequeños y unirlos de manera distinta, etc.

<sup>206</sup> Ruse habla, en particular, para el caso de la ciencia, pero la posición de este autor se puede extrapolar sin problema para una organización humana, teniendo en cuenta que una disciplina científica es realmente un tipo de organización humana. Tal como surgen las ideas en la ciencia surgen las ideas en una empresa. La diferencia está en el método que se utiliza en ambos casos para llevar esa idea a una acción efectiva sobre el mundo.

científica o una nueva forma de hacer las cosas<sup>207</sup>. Tomás Alba Edison, Albert Einstein y Joseph Lister<sup>208</sup> son ejemplos de estos genios que, con sus ideas cambiaron el mundo. La variación se produce pues cuando un nuevo concepto altera efectivamente una configuración de conocimiento existente.

<sup>207</sup> Un ejemplo notable de cómo una nueva idea surge de integrar distintos conocimientos existentes fue el de la invención de la imprenta por el orfebre alemán Johannes Gutenberg. Este genio práctico era un experto en la fundición del oro y, en general, en el trabajo con los metales. Desde muy joven se preocupó por cómo satisfacer la demanda de biblias de los peregrinos, principalmente de aquellos que transitaban el Camino de Santiago, pues los monjes copistas no alcanzaban a satisfacer tal demanda. Gutenberg conocía la técnica de la xilografía –grabado en madera– inventada en China y que utilizaba una plancha de madera sobre la que se grababan las letras y las imágenes. De esa manera una sola plancha contenía todo el texto de un bando real o de una bula papal tallado íntegramente en la madera. Contra la plancha entintada se frotaban las hojas de papel para producir la impresión. Con esa técnica también se imprimían los naipes. El problema con esta técnica era que la plancha de madera necesitaba un troquelado laborioso de todo el contenido a imprimir. Conocía también Gutenberg la técnica del troquelado de las monedas de metal. Con estos conocimientos, Gutenberg desarrolló tipos móviles en metal para todas las letras que, alineadas en una matriz, podían contener todo el texto de una página. Además, en lugar de frotar el papel contra la matriz con el texto –que tenía el problema que muchas veces la tinta se regaba–, se le ocurrió utilizar una prensa para exprimir uvas como las que utilizaban los viticultores renanos, con el fin de golpear brevemente la matriz con la hoja de papel y así obtener una impresión más limpia. Por último, Gutenberg tenía algunos conocimientos de alquimia y esto le permitió elaborar una tinta más difícil de regar pues dejaba una impresión más nítida. Integrando estos diversos conocimientos de una manera no conocida antes Gutenberg inventó la imprenta. Este ejemplo está basado en el relato que hacen de tal invento los profesores estadounidenses de comportamiento organizacional Isaac Getz y Alan Robinson en su libro *Tus ideas lo cambian todo* (32).

<sup>208</sup> Este médico inglés (1827–1912) introdujo en los hospitales los procedimientos de la asepsia para eliminar las bacterias.

En relación con la replicación de estas configuraciones de conocimiento vamos a tomar como guías a los teóricos del aprendizaje organizacional japoneses Ikujiro Nonaka (1935) e Hirotaka Takeuchi (1946), quienes en su libro *La organización creadora de conocimiento* presentaron su visión sobre la transformación del conocimiento en una organización humana. Según ellos, y basándose en los conceptos de conocimiento tácito y conocimiento explícito propuestos por Michael Polanyi, el conocimiento se transforma mediante cuatro procesos distintos que ellos denominaron *Combinación*, *Interiorización*, *Exteriorización* y *Socialización*. Estas transformaciones, que implican la replicación del conocimiento, son representadas por estos autores mediante un ciclo que denominan *Ciclo epistemológico del conocimiento* en una organización y que, abreviadamente en castellano, se conoce como ciclo CESI. Este ciclo se ilustra en el diagrama de la Figura 4.3.

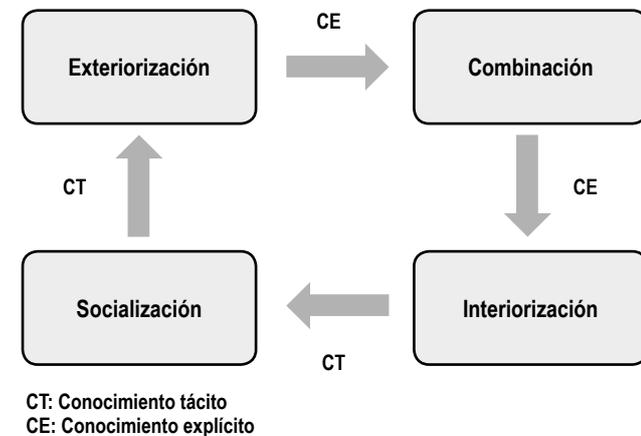


Figura 4.3. El proceso de replicación del conocimiento

Mediante la *exteriorización*, una configuración de conocimiento tácito, en la mente de un individuo –configuración que es un habitante del Mundo 2 en la visión popperiana– se transforma en conocimiento explícito, pudiendo ser un texto, un diagrama, una partitura musical, una figura, un programa de computador,

un diseño, un plano, un mapa, etc. En esta transformación, el conocimiento tácito se replica en un medio externo a la mente –conocimiento que es un habitante del Mundo 3 popperiano–. Por otro lado, a través de la *interiorización*, una configuración conceptual explícita altera un esquema mental de un individuo y, por tanto, su personal configuración cognitiva tácita –su modelo mental–, como cuando aprendemos de un texto de matemáticas la manera de extraer una raíz cuadrada. En la *socialización*, el conocimiento tácito de un individuo se replica directamente como conocimiento tácito en otro individuo, como cuando alguien aprende observando e imitando a otro –la nieta que aprende de la abuela la receta del plato familiar–. Por último, distintos conocimientos explícitos –consideramos que también distintos conocimientos tácitos– pueden integrarse y combinarse para generar un conocimiento explícito más abarcador, como cuando Newton estructuró su teoría de la Gravitación Universal que integró hallazgos –conocimientos explícitos expresados en leyes– de Galileo, Kepler, Hooke y otros –pero también el conocimiento tácito del mismo Newton–.

A través de este proceso las configuraciones de conocimiento se replican y transforman los distintos recursos de conocimiento que conforman el conjunto de conocimientos de una organización humana. Un conocimiento tácito en la mente de un inventor se replica en un plano de diseño de un artefacto que luego, con el concurso de otros miembros de la organización, se replica en el artefacto físico que a su vez entra a formar parte, mediante la combinación de conocimientos, de varios expertos; así como de la combinación de otras configuraciones de conocimiento, tanto explícitas como tácitas existentes en la organización, de un nuevo producto o de un nuevo proceso con el que se impacta el entorno constituyéndose en una estrategia de acción de la organización sobre ese entorno.

Esta combinación de configuraciones o bloques de conocimiento que se expresa en una estrategia de acción corresponde precisamente a la subfunción *expresión* de la tríada funcional variación-replicación-expresión. ¿Cómo se da esa expresión en el caso de las organizaciones humanas? Es la pregunta para la que vamos a avanzar hacia una respuesta ahora. Para hacerlo vamos

a plantear la pregunta de otra forma: ¿cómo surgen y cómo se desarrollan las estrategias en el seno de una organización humana?

Podemos responder diciendo que las estrategias, que recordemos son los interactores en el caso de las organizaciones humanas, surgen por un proceso que podemos llamar de “ontogénesis”; un proceso en el que los replicadores –las configuraciones de conocimiento– se integran o combinan de formas novedosas constituyendo una estructura genética –el análogo de un genotipo– que se expresa –adquiere “cuerpo”– mediante un proyecto empresarial. Miremos, como ejemplo, el proyecto de construcción de un nuevo tipo de avión comercial. Cuando una empresa constructora de aviones decide construir un nuevo modelo de avión convoca a diseñadores, ingenieros y administradores en especialidades muy distintas. Los ingenieros electrónicos diseñan los sistemas de control, comunicaciones y telemetría. Los ingenieros electricistas diseñan los sistemas de energía para alimentar todo el sistema, así como los sistemas de protección contra fallas de energía. Los ingenieros mecánicos diseñan la estructura y los materiales con los que se construirá el aparato. Los diseñadores de interiores trabajarán sobre la estética del interior del avión. Los ergonomistas trabajarán sobre la comodidad y confort para los pasajeros. Todos ellos pondrán a disposición del proyecto su experiencia personal –conocimiento tácito– y la explicitarán en los distintos diseños y planos de construcción de la nave –conocimiento explícito–. El director general del proyecto y los coordinadores de los distintos aspectos del mismo diseñarán los procesos necesarios para el desarrollo exitoso de la construcción dentro de los parámetros de tiempo y presupuesto. Todos ellos: ingenieros, diseñadores y coordinadores de proyecto se apoyarán en sistemas tecnológicos que facilitarán su labor.

Tenemos aquí, por tanto, una combinación de configuraciones de conocimiento de naturaleza tácita, explícita e implícita que se integrarán en un solo producto: el avión comercial. Pero ese avión no es solo un producto; se constituye en toda una estrategia de interacción con el entorno que, de ser exitosa, posicionará mejor a la compañía en el mercado o, en términos de los *paisajes adaptativos*, le permitirá ubicarse en un pico más elevado de adaptación. Podemos

observar entonces que una estrategia de acción surge de una integración de conocimientos explícitos, implícitos y tácitos que busca lograr un mejor acople estructural con el entorno. La estrategia se constituye en un interactivo con el cual la empresa busca mantenerse en la existencia y prosperar en ese entorno.

Pero esto no es todo. El proceso de ontogénesis de esta estrategia de acción, que se da a través del proyecto, implica una actividad de selección y de mejoramiento interno en todos los aspectos técnicos y funcionales, actividad en la que puede darse incluso el rechazo y la terminación anticipada del proyecto. Luego del momento en que se genera la idea, esta debe ser concretada primero en un concepto claro cuyo desarrollo puede llevar a una nueva estrategia. Durante ese desarrollo, el embrión de estrategia —que en el lenguaje empresarial se denomina *iniciativa estratégica* (Burgelman 240)— pasa por una serie de etapas de tamizaje en las que se toman decisiones sobre si seguir o no y, en caso de seguir, cómo hacerlo mejor. Como en una empresa pueden coexistir varias iniciativas estratégicas candidatas a proyectos, estas deben competir, al interior de la organización por los recursos escasos disponibles. Solo aquellas iniciativas estratégicas que pasen exitosamente todos los filtros internos podrán ver la luz como estrategias de acción<sup>209</sup>; se convertirán con ello en los nuevos interactores de ese sistema cognoscente autónomo que es la empresa.

Aquí vemos un proceso de cambio análogo al cambio epigenético en la ontogénesis de un organismo biológico. La idea inicial es análoga al cambio o mutación en el genoma, pero la selección interna introduce variación adicional —podríamos llamarla *epigenética*— que moldea esa idea con miras a lograr el desarrollo de una estrategia con alta probabilidad de ser exitosa. La estructuración de una estrategia de acción mediante un proyecto

<sup>209</sup> El proceso más común de selección interna de ideas con miras a desarrollar proyectos en las empresas se denomina *Stage-Gate*. En este proceso las iniciativas estratégicas se van estructurando y pasando una serie de filtros —puertas—. Las que prometen un mejor desempeño se convierten en estrategias explícitas de acción.

es, por tanto, un proceso análogo al desarrollo ontogénico de un organismo biológico.

Esta fase de selección interna de las iniciativas estratégicas le confiere al proceso una dinámica lamarckiana que acopla la variación con la selección externa ya que la variación se canaliza de tal manera que incrementa, como dijimos, la posibilidad de una selección externa positiva<sup>210</sup>. Por otro lado, debido a la selección externa, los patrones —las configuraciones de conocimiento— de las estrategias exitosas se hacen más comunes en la población de estrategias que los patrones de las estrategias no exitosas. Por ejemplo, en nuestro ejemplo del avión, un diseño ergonómico exitoso dará lugar a que este diseño sea también utilizado en otros modelos de avión. En esta circunstancia se da la propagación. Con el tiempo las configuraciones de conocimiento que dan origen a comportamientos exitosos se terminan  *fijando*  en la estructura cognoscitiva de la organización. Esto nos lleva, parafraseando un texto del filósofo Stephen Toulmin sobre el desarrollo de la ciencia<sup>211</sup>, a decir que la historia del desarrollo empresarial puede escribirse como un relato no discontinuo del proceso por el cual la variación en las configuraciones de conocimiento y la selección por el mercado han moldeado conjuntamente nuestras empresas; un relato de la manera en que las estrategias empresariales se han transformado.

Las estrategias exitosas nuevas se denominan *innovaciones* en el contexto empresarial. Existe, por tanto, una innovación cuando

<sup>210</sup> Esta selección interna de las iniciativas estratégicas es análoga al proceso de *crítica racional sistemática* descrito por Popper y mediante el cual las propuestas de teorías científicas son sometidas a un proceso de selección al interior de la comunidad científica respectiva. Tal selección interna le confiere también una dinámica lamarckiana al proceso de selección de teorías científicas.

<sup>211</sup> El texto de Toulmin dice así: “[la historia de la ciencia puede escribirse como un relato, no discontinuo,] del proceso por el cual la variación conceptual y la selección intelectual han moldeado conjuntamente nuestras disciplinas intelectuales, [...] un relato de la manera en que las estrategias disciplinarias e intelectuales se han transformado” (*La comprensión* 258).

la nueva estrategia que despliega la empresa genera un impacto positivo en su entorno; es decir, en uno o más de los *grupos de interés* de la empresa y se posiciona creando una nueva red de experiencia entre las partes. Toda innovación tiene pues un impacto económico o social positivo. Estas innovaciones pueden ser una simple mejora en una estrategia existente –innovaciones incrementales– o pueden dar lugar a una estrategia de acción completamente nueva –innovaciones radicales–<sup>212</sup>. Podemos decir entonces que *una estrategia es seleccionada por el entorno y, solo en la medida en que esa selección sea positiva, se convierte en una innovación.*

Lo que incrementa las posibilidades de una empresa de perdurar en el tiempo es la actitud hacia la exploración y explotación constante de su espacio de posibilidades, su paisaje adaptativo, percibiendo la información significativa del entorno, generando ideas y concretándolas en estrategias variadas de acción que la lleven a mejorar gradualmente la posición que tiene la empresa en el pico adaptativo que actualmente ocupa en ese entorno o a realizar saltos evolutivos que la transporten a nuevos y mejores picos adaptativos.

Resumiendo, las organizaciones humanas son sistemas cognoscentes autónomos. Las distintas configuraciones de conocimiento incorporadas en los recursos de conocimiento de esas organizaciones constituyen los bloques que conforman el ADN organizacional. Son las unidades de acción en las que se da la función de *variación-replicación-expresión*. Ese ADN se expresa en diferentes estrategias de acción que se convierten, a su vez, en los interactores, con los que la organización explora un mejor acople estructural con su entorno.

Ahora bien, habíamos dicho que, en el caso de la evolución biológica, la población de organismos, que es el sistema cognoscente autónomo en ese ámbito, es además la unidad de acción que realiza la función de *registro-estructuración cognoscitiva-propagación*

<sup>212</sup> Esta dinámica de cambio es análoga a la evolución gradual darwiniana –innovación incremental– y al salto evolutivo disruptivo –innovación radical–.

con la que se completa la tríada funcional en el ciclo intercausal, propio de todo proceso evolutivo darwiniano caracterizado por la variación y la retención selectiva. Para completar el cuadro que representa tal tríada funcional en el caso de las organizaciones humanas, nos falta identificar la unidad de acción que realiza, en este ámbito, la función de registro-estructuración cognoscitiva-propagación. Ese será el tema que trataremos a continuación.

#### 4.5 El estructurador cognoscitivo en las organizaciones humanas

Previamente establecimos que las distintas configuraciones de conocimiento existentes en una organización humana se encuentran, digámoslo así, incorporadas en forma tácita, explícita e implícita, en los cuatro recursos de conocimiento propios de estas organizaciones: el conocimiento tácito en las personas, el conocimiento explícito en los contenidos de información almacenados en soportes físicos y el conocimiento implícito en los procesos y las tecnologías. Estas distintas configuraciones son los bloques de conocimiento que, integrándose de diversas maneras gracias a la dinámica de relación entre los respectivos recursos de conocimiento, llevan a la creación y desarrollo de las diferentes estrategias con las que la organización se relaciona con su entorno. Pero tales configuraciones de conocimiento no están ahí solamente como bloques estancos almacenados en una bodega esperando a ser utilizados como piezas de lego. Ellas se tejen en un entramado de conocimiento que bien puede ser llamado *ecosistema interno de conocimiento*.

Es este ecosistema, el que realiza la función de registro; es decir, el que *preserva* las configuraciones de conocimiento propias de una organización. Pero es allí también donde las configuraciones de conocimiento varían en correlación –covarían– o, incluso podríamos decir, coevolucionan a través de la dependencia que se establece entre ellas. Una variación fortuita o planeada en una determinada configuración de conocimiento puede originar variaciones en otras configuraciones de conocimiento relacionadas con ella. Los distintos recursos de conocimiento de la empresa –las personas, los procesos, los documentos y las tecnologías– conforman entonces una red con una dinámica que podemos calificar de autopoietica. Es gracias

a esa dinámica que se preserva y que varía el conocimiento de la organización, y es gracias a esa red que, mediante los proyectos, se estructuran las configuraciones de conocimiento de determinadas maneras, dando lugar a las distintas estrategias de acción de la empresa. Esta red de recursos de conocimiento es pues el *estructurador cognoscitivo* en el caso de las organizaciones humanas<sup>213</sup>. Esa red es la organización misma. Las empresas no se definen por sus productos o por los servicios que proporcionen; se definen porque son organizaciones de conocimiento.

En nuestro ejemplo del avión, una idea surgida en la mente de un ingeniero electricista sobre un nuevo sistema de protección contra rayos que implica una variación en una configuración de conocimiento tácito –podríamos incluso hablar de una mutación en el modelo mental que sobre tales sistemas existe en la mente del ingeniero–, dará lugar, de ser aceptada por la compañía, a una variación en los diseños representados en los planos y manuales de ese sistema y de los sistemas subsidiarios y complementarios lo que quiere decir, una variación en la información almacenada en medios físicos; es decir, en conocimiento explícito. Las variaciones anteriores llevarán, a su vez, a cambios en configuraciones existentes de conocimiento implícito como las relativas a los procesos de construcción de sistemas de protección contra rayos, así como las relacionadas con los instrumentos de apoyo –máquinas y herramientas– y los programas de computador involucrados en tal construcción. Una variación en una configuración de conocimiento se propaga entonces por todo el ecosistema de conocimiento, relativo en este caso a los sistemas de protección contra rayos, haciendo que las demás configuraciones de conocimiento involucradas se reacomoden y con ello mantengan la coherencia

<sup>213</sup> Si bien los diferentes recursos de conocimiento forman el estructurador cognoscitivo de la organización, solo son las personas los verdaderos agentes de la preservación y del cambio de las configuraciones de conocimiento son los que realmente definen la dinámica autopoietica de la organización. Es importante aclarar que no deben confundirse los recursos de conocimiento con los distintos tipos de conocimiento en ellos incorporados.

interna de todo ese ecosistema de conocimiento. Más aún, tales variaciones pueden afectar a otros sistemas que, de alguna manera, se relacionan con este sistema de protección contra rayos. Los aviones equipados con ese nuevo sistema de protección conformarán una estrategia diferente con la que la organización –la empresa constructora de aviones– se relaciona con su entorno. Esa estrategia será un nuevo interactivo con tal entorno y se convertirá en una innovación y en una estrategia ganadora si las aerolíneas compran más ese tipo de avión que otros aviones de la misma empresa o de empresas competidoras.

Si en una población biológica el acervo de genes y los patrones de relación entre tales genes en el genoma de la población constituyen, como ya argumentamos, la estructura cognoscitiva de esa población –estructura que conforma el registro de experiencias pasadas o, en otras palabras, la memoria de la población–, podemos postular aquí, de forma análoga, la siguiente tesis:

**Tesis auxiliar N° 6:** *el ecosistema constituido por las distintas configuraciones de conocimiento de una organización humana, en el que estas configuraciones forman un entramado coherente de relaciones, se constituye en la estructura cognoscitiva de la organización.*

En este punto podemos ya dar respuesta a una pregunta planteada al final del capítulo anterior: ¿cómo aprende una organización humana? Podemos decir que *una organización humana aprende en la medida en la que cambia su estructura cognoscitiva*; es decir, en la medida en que se transforman las configuraciones de conocimiento incorporadas en los distintos recursos de conocimiento, así como las relaciones entre tales configuraciones de conocimiento. El aprendizaje es igual a la transformación del ecosistema interno de conocimiento de la organización, es una reestructuración cognoscitiva. Esta estructura cognoscitiva es el registro que tiene la organización de la historia de sus interacciones exitosas o fallidas con el entorno; es decir, es su memoria.

En la medida en que se altera o se transforma este registro, cambian los comportamientos de la organización, comportamientos que, como ya mostramos, se concretan en las distintas estra-

tegrías con las cuales la organización se relaciona con su entorno. Durante el desarrollo de una estrategia se integran distintas configuraciones de conocimiento. De esta manera, participando en el desarrollo de las estrategias es que se *propagan* tales configuraciones de conocimiento. Las configuraciones de conocimiento que participaron en el desarrollo de estrategias exitosas son utilizadas más a menudo en el desarrollo de otras estrategias que aquellas que se integraron en el desarrollo de estrategias no exitosas.

Un ejemplo de propagación de estructuras cognoscitivas y también de reestructuración cognoscitiva lo podemos ver con el caso del transbordador espacial Challenger de la NASA de los Estados Unidos. Este transbordador fue una estrategia del gobierno estadounidense en su objetivo de conquistar el espacio. Cuando, en un accidente en enero de 1986, la NASA perdió ese transbordador espacial y los siete astronautas que lo tripulaban, fue sometida por la presidencia de los Estados Unidos a un estricto proceso de revisión no solo de sus procedimientos y de las tecnologías usadas, sino también de los conocimientos de los expertos y de los diseños y demás documentación relativa al proyecto de los transbordadores espaciales. Es decir, todos sus recursos de conocimiento, toda su estructura cognoscitiva se vio puesta en entredicho y fue sometida a riguroso escrutinio y crítica. Como resultado, se planteó un conjunto de acciones orientado a transformar tales recursos de conocimiento para evitar ese tipo de catástrofes en las siguientes misiones espaciales. Procedimientos y tecnologías que se mostraron defectuosos fueron abandonados y reemplazados por otros. En nuestros términos, las respectivas configuraciones de conocimiento fueron desechadas. Podemos decir que la NASA transformó su estructura cognoscitiva y con ello aprendió cómo actuar y cómo no en el futuro <sup>214</sup>. Este fue un caso excepcional, pues normalmente las organizaciones humanas aprenden no tan traumáticamente.

<sup>214</sup> El reporte que contiene las acciones de transformación que realizó la NASA es el *Report to the President: Actions to implement the recommendations of the presidential comisión on the Space Shuttle Challenger accident*.

Para toda empresa la innovación es siempre un aprendizaje. Una empresa no es tal porque genere unos productos o unos servicios; es empresa en la medida en que transforme sus redes internas de conocimiento —su ecosistema interno de conocimiento— para generar estrategias exitosas de interacción con su entorno. Por ello, la empresa es un sistema cognoscente. Pero además es autónoma en la medida en que las perturbaciones del entorno no determinan su comportamiento solo influyen en él. Esa autonomía se manifiesta mediante un límite que separa a la empresa de ese entorno. Ese límite no son los muros de sus edificios ni los cerramientos de sus plantas de producción, sino su cultura. La cultura define para la empresa lo que los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela llaman una *clausura operacional* (*De máquinas* 53)<sup>215</sup>. Es dentro de esa clausura que opera el ecosistema interno de conocimiento de la empresa; pero a su vez, este ecosistema interno crea la cultura, crea su propia frontera que lo identifica como entidad separada de un medio.

Pero ¿por qué la cultura define la identidad de la empresa? En sus estudios sobre identidad y cultura, el sociólogo mexicano Gilberto Giménez sostiene la tesis de que, a nivel social y antropológico, cultura e identidad son conceptos indisolubles:

Nuestra identidad solo puede consistir en la apropiación distintiva de ciertos repertorios culturales que se encuentran en nuestro entorno social, en nuestro grupo o en nuestra sociedad. Lo cual resulta más claro todavía si se considera que la primera función de la identidad es marcar fronteras entre un nosotros y los “otros”, y no se ve de qué manera podríamos diferenciarnos de los demás si no es a través de una constelación de rasgos culturales distintivos (“La cultura” 1).

<sup>215</sup> La clausura operacional es la propiedad que tienen los sistemas autopoiéticos de crear su propio límite que los separe del entorno. Esto hace que en estos organismos “[...] su identidad esté especificada no por factores externos sino por una red interna de procesos dinámicos cuyos efectos no salen de esa red” (Maturana y Varela, *El árbol* 59).

Una organización humana, sea ella una empresa, una logia, una secta o incluso una familia, es básicamente una comunidad de hablantes. Ellos comparten una serie de experiencias, se atienen a un conjunto de reglas explícitas o tácitas, tienen unos modos de hacer cosas que consideran propios y distintos de los de otras organizaciones y comparten unos valores y unas determinadas visiones sobre el mundo. Traigamos a la mente un grupo familiar cercano a nosotros. Si somos atentos, podemos ver que comparten unas expresiones e incluso un mismo dejo al hablar, tienen unos gestos parecidos y una forma similar de mirar las situaciones. Ese núcleo de personas comparte una cultura que lo identifica haciéndolo distinto de otros grupos sociales y de las demás personas del entorno.

Miremos otro ejemplo. Dos empresas se fusionan para aumentar su competitividad en un sector del mercado. El principal problema que enfrentan en ese proceso es el de establecer la nueva identidad cultural de la empresa resultado de la fusión. Durante la fusión se da un período grande de inestabilidad en el cual se presenta un choque entre las dos comunidades de hablantes; entre las dos culturas. En ese período se contraponen los valores, las maneras de hacer las cosas, las reglas – principalmente las tácitas–, las formas de interpretar el mundo y las visiones sobre lo que debe hacerse y cómo hacerlo. Ese choque es un choque cultural, una colisión que genera sufrimiento y un sentimiento de “yo no encajo aquí” en las personas de la organización. La identidad, que era sólida en cada una de las organizaciones antes de la fusión porque se fundamentaba en una cultura aceptada y compartida, se difumina, se debilita y solo puede ser reconstruida –dolorosamente reconstruida– cuando emerja la nueva cultura luego de la inestabilidad. La cultura que dará identidad a la empresa fusionada.

Por ello concordamos con la tesis que sostiene Giménez: cultura e identidad van inextricablemente ligadas. La cultura, que emerge de la dinámica interna de una organización, define la identidad de la misma y con ello define los límites que separan y distinguen a la organización de su entorno. Pero esa dinámica es la dinámica propia de su ecosistema de conocimiento, “[...] un conocimiento socialmente elaborado y compartido y orientado a la práctica, que contribuye a la construcción de una realidad común a un con-

junto social” (Giménez, *Materiales* 8). Una organización humana es, además, no solo distinta de otras organizaciones humanas, sino también distinta de los individuos que la componen y mantiene esa identidad a pesar de que constantemente esté cambiando y transformándose para adaptarse a las situaciones de su entorno.

Con lo anteriormente expuesto sobre las empresas, y en general sobre las organizaciones humanas como sistemas cognoscentes autónomos, podemos postular la siguiente tesis auxiliar:

**Tesis auxiliar N° 7:** *la organización humana es el estructurador cognoscitivo; es decir, la entidad que realiza la función de registro-estructuración cognoscitiva-propagación. El producto de esa dinámica cognoscitiva de la organización, lo que se registra –tácita o explícitamente–, se reestructura y se propaga es su estructura cognoscitiva –su modelo mental o ADN corporativo–. Esta estructura es un sistema complejo,<sup>216</sup> un ecosistema de conocimiento, compuesto por las que hemos llamado configuraciones de conocimiento y en ella se refleja la historia de interacciones entre la organización y su entorno<sup>217</sup>.*

Resumiendo, una organización humana es el análogo de una población biológica. Ambos son sistemas cognoscentes autónomos y en ambos se da el doble ciclo de aprendizaje caracterizado por un lazo intercausal en el que se eslabonan tres funciones ejecutadas por las respectivas unidades de acción: el replicador, el interactivo y el estructurador cognoscitivo. Para el caso de la organización humana y de su paradigma, la empresa, el conocimiento y los arquetipos de comportamiento que soportan a las estrategias que han mostrado ser exitosas luego del proceso de selección por el entorno quedan preservados en el acervo de conocimientos de la organización. Esta es la función mnemónica o de registro. Las

<sup>216</sup> Aquí utilizamos la expresión “Complejo” refiriéndonos a un sistema del que emergen comportamientos que son producidos por la dinámica de la totalidad y que no son predecibles a partir de los comportamientos de los componentes individuales.

<sup>217</sup> El ADN corporativo u organizacional es el análogo de lo que, en biología, llamamos el genoma de la población biológica.

configuraciones de conocimiento, como ya indicamos, se relacionan formando un ecosistema de conocimiento; un sistema cognoscitivo análogo al genoma de una población biológica. Este sistema es el ADN empresarial o el *modelo mental* de la organización, como lo llaman algunos autores (Senge 40). La empresa reorganiza tal sistema, su genoma, con miras a proceder de la manera más eficientemente posible frente a las circunstancias del entorno. Reorganizar este ADN –sus configuraciones de conocimiento tanto tácitas como explícitas e implícitas– no es nada distinto a realizar una reestructuración cognoscitiva. Además, la empresa propaga con mayor frecuencia las configuraciones de conocimiento que han conformado históricamente las estrategias – los interactores– más exitosas de la organización.

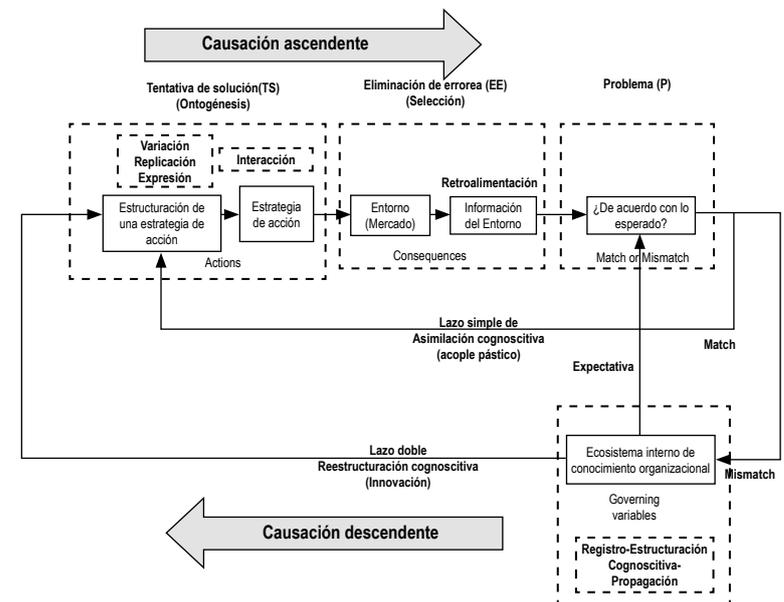
Podemos ahora mostrar la analogía completa entre la evolución biológica y el desarrollo empresarial que habíamos mostrado parcialmente en la Tabla 4.1. La Tabla 4.2 muestra la elaboración completa de tal analogía.

**Tabla 4.2.** Analogía completa entre los dominios de la evolución biológica y del desarrollo empresarial

Dominio	Evolución biológica	Desarrollo empresarial
<b>Sistema cognoscente autónomo</b>	Población biológica	Organización humana (empresa)
<b>Estructura cognoscitiva</b>	Genoma de la población	Ecosistema interno de conocimiento
<b>Proceso</b>	<b>Unidad de acción</b>	
<b>Variación-Replicación-Expresión</b>	Gen	Configuración de conocimiento
<b>Interacción</b>	Organismo individual	Estrategia de acción
<b>Registro-Estructuración cognoscitiva-Propagación</b>	Población biológica	Organización humana (empresa)

#### 4.6 El doble lazo de aprendizaje en el caso de las organizaciones humanas

En este punto y como resultado de los argumentos que hemos venido elaborando para fundamentar nuestra segunda tesis principal, podemos construir el esquema que ilustra el doble ciclo de aprendizaje para el caso de las organizaciones humanas surgido como resultado de la reformulación que hicimos del ciclo popperiano de desarrollo del conocimiento. Este esquema muestra, para ese caso, cómo se concatenan los tres procesos intercausales propios de todo sistema cognoscente autónomo que ya habíamos mostrado en el diagrama de la Figura 3.3. Como allí anotábamos, este doble ciclo de aprendizaje es realmente un ciclo de generación de valor, tomando ese “valor” en el sentido de incremento de oportunidades de supervivencia y crecimiento para el sistema cognoscente. El diagrama de la Figura 4.4. muestra el ciclo de generación de valor para el caso de una organización humana con su ciclo doble de aprendizaje.



**Figura 4.4.** El ciclo de generación de valor para el caso del cambio de una organización humana

En la Figura 4.4., el lazo simple de aprendizaje se da cuando la empresa busca consciente y sistemáticamente la mejora continua de sus procesos internos, de sus productos, de sus modelos de negocio y de sus esquemas de relación con los grupos de interés. Esta mejora continua tiene como fin incrementar la eficiencia de la organización. Es un responder a la pregunta ¿cómo hacer más con menos? O ¿cómo hacer mejor lo que ya estamos haciendo? La empresa se acopla plásticamente a las condiciones del entorno sin necesidad de cambiar sus principios de acción –*Governing variables*– reflejados en lo que hemos llamado el ecosistema de conocimiento. Las estrategias, en este caso, se acomodan para satisfacer de una mejor manera esas condiciones<sup>218</sup>. El aprendizaje en este lazo simple es un constante ajustarse y mejorar, respondiendo a los cambios y a las tendencias percibidas en el entorno y que se va constituyendo en la conducta adecuada cuando el entorno es relativamente estable o, al menos, predecible.

Imaginemos la dinámica de cambio necesaria en una empresa que confecciona ropa de moda. Esta empresa transita en gran medida por el lazo simple. Por un lado, necesita cambiar constantemente su oferta de acuerdo con las estaciones del año: ropa abrigadora para el invierno, ropa adecuada para las lluvias de primavera o para los vientos de otoño y ropa ligera para el verano. Las estrategias de acción de tal empresa se acoplan plásticamente a las condiciones que establece su entorno. Si la empresa produjera solo vestidos de verano en época de invierno seguramente no sobreviviría mucho tiempo. Pero, por otro lado, la empresa necesita también innovar constantemente en sus diseños; es decir, necesita transitar por el lazo doble reinventándose una y otra vez para mantenerse competitiva en el mercado. Necesita elaborar estrategias agresivas y disruptivas de generación de nuevos diseños y productos, de conquista de clientes, de gestión de proveedores, de distribución de mercancías, de manejo de recursos, de modelo

<sup>218</sup> La Gestión de la Calidad Total y los esquemas de trabajo como el Mantenimiento Productivo Total (conocido por su sigla en inglés: TPM) que aplican la filosofía japonesa *Kaisen* (mejoramiento continuo) se orientan a mantener la dinámica del lazo simple de aprendizaje.

de negocios, etc. Es un responder a la pregunta: ¿en qué negocio debemos estar? O, ¿cómo podemos ser más eficaces?

Este reinventarse equivale a transitar por el lazo doble del aprendizaje, a reestructurarse cognoscitivamente, proceso que se da cuando aparecen ideas que lleven a nuevos conocimientos de sus expertos, a nuevas tecnologías, a nuevos procesos de producción; es decir, a nuevas configuraciones de conocimiento y a nuevas formas de relación entre esas configuraciones. El resultado será el cambio gradual o radical en el ecosistema interno de conocimiento organizacional que dará lugar, a su vez, a nuevas estrategias de acción sobre el entorno. Si esas estrategias resultan exitosas, la empresa persistirá<sup>219</sup>.

Vemos pues, en este caso, cómo el modelo tetrádico popperiano reformulado puede mostrar la manera en que una organización humana, y en particular una empresa de negocios, que puede ser considerada como el paradigma de tales organizaciones, se relaciona con su entorno actuando como sistema solucionador constante de problemas –en términos de Popper–; es decir, como sistema cognoscente autónomo que se rige por la dinámica darwinista de cambio. Este modelo reformulado tiene un mayor grado de resolución que el original popperiano pues nos permite ver, gracias al aporte de Argyris y Schön, cómo la empresa puede transitar por dos rutas diferentes de aprendizaje. Antes afirmamos que Popper previó, de alguna manera, estas dos rutas cuando habló del desarrollo de la ciencia como una conjunción de dos procesos o fases: la fase dogmática donde domina la tradición y en la que se presentan simples ajustes y la fase crítica en la que se cambian los principios del dogma vigente por unos nuevos. Sin embargo, como en esa ocasión dijimos, Popper no expresó en su esquema

<sup>219</sup> Una investigación interesante sobre empresas que han perdurado en el tiempo gracias a su actitud orientada a una reinención continua –una reestructuración cognoscitiva en nuestros términos– es la realizada por los estudiosos del desarrollo organizacional James Collins y Jerry Porras y cuyos resultados se publicaron, en 1994, en el libro *Built to last* que se tradujo al castellano como *Empresas que perduran*.

tetrádico esta dinámica de aprendizaje y se sesgó solo al aspecto de la emergencia que corresponde únicamente al lazo doble del aprendizaje en nuestro esquema reformulado.

Además, como puede verse en el esquema de la Figura 4.4., replanteamos, para el caso del aprendizaje en las organizaciones humanas, la propuesta de David Hull pues, mientras él considera dos unidades de acción –replicador e interactor–, nosotros proponemos tres, ya que consideramos que con estas unidades de acción se logra un mejor ajuste al proceso darwiniano que realmente está compuesto por lo que podríamos llamar tres subprocesos, uno de variación, otro de selección y un último de retención de variantes exitosas. La unidad de acción que adicionamos para este último subproceso y que, según una de nuestras tesis, completa el flujo intercausal de cambio, es la que denominamos el estructurador cognoscitivo, la entidad que, con su dinámica, concreta el cambio en la estructura cognoscitiva del sistema cognoscente autónomo y que, en este caso, es la organización humana misma.

Con los análisis expuestos en este capítulo, consideramos que hemos mostrado la pertinencia de nuestra segunda tesis principal, que recordemos decía lo siguiente:

**Tesis N° 2.** *El desarrollo del conocimiento en las organizaciones humanas obedece al mismo patrón subyacente que se menciona en la tesis 1.*

Las organizaciones humanas mantienen una dinámica de acople estructural con su entorno mediante la generación constante de estrategias de acción que les permiten explotar las oportunidades que le brinda ese entorno, y explorar nuevas oportunidades para conservar su competitividad y, con ello, permanecer en la existencia. Sin embargo, ese proceso de exploración de nuevas oportunidades implica, necesariamente, una capacidad de previsión, una capacidad de pronosticar cómo podría responder ese entorno a posibles acciones de la organización. Esta capacidad la analizaremos en el siguiente apartado y con ello trataremos de responder a una pregunta que también habíamos planteado con anterioridad: ¿Cómo pueden las organizaciones humanas aprender a aprender?

#### 4.7 Aprendiendo a aprender

Para analizar cómo una organización humana puede aprender a aprender es necesario tener claro qué se quiere decir con ello. El antropólogo inglés Gregory Bateson introdujo el término “Deuteroaprendizaje” para describir el tipo especial de aprendizaje que consiste en aprender a aprender. Bateson encontró que un sujeto de estudio sometido a un experimento en el cual debía aprender a resolver un problema incrementaba su eficiencia en la solución con cada nuevo experimento. Un ratón, por ejemplo, se enfrentaba, en un primer experimento al problema de encontrar la salida de un laberinto. Cuando, en un segundo experimento se enfrentaba a un laberinto diferente, el ratón encontraba la solución, en promedio, más rápido que en el primer experimento. En un tercer experimento sucedía lo mismo. Es decir, el ratón había aprendido a aprender. El aprendizaje del ratón en cada experimento lo llamé *protoaprendizaje*. Y definió el deuteroaprendizaje así: “Este cambio progresivo en la tasa de protoaprendizaje lo llamaremos deuteroaprendizaje” (*Steps to 132*)<sup>220</sup>.

Bateson concluyó de sus experimentos, no solo con animales sino también con humanos, que el sujeto aprendía a reorganizar, de alguna manera, su modelo mental del mundo para enfrentar cada nuevo problema y reducir la cantidad de procesos de ensayo y error necesarios para lograr el aprendizaje. En aras de la claridad con la que expone estos conceptos y la pertinencia para lo que queremos argumentar sobre el aprender a aprender en las organizaciones humanas, citamos el siguiente texto que, a pesar de ser extenso, nos brinda esa claridad necesaria. Dice Bateson:

Todos los sistemas biológicos (tanto organismos como organizaciones ecológicas o sociales de organismos) son capaces de cambio adaptativo. Pero este cambio toma muchas formas tales como respuesta, aprendizaje, sucesión ecológica, evolución biológica,

<sup>220</sup> “This progressive change in rate of protolearning we will call deuterolearning”.

evolución cultural, etc., de acuerdo con el tamaño y complejidad del sistema que escogemos para estudiar.

Sin importar el sistema, el cambio adaptativo depende de lazos de retroalimentación, sean estos, producto de la selección natural o del reforzamiento individual. En todos los casos, debe existir un proceso de ensayo y error y un mecanismo de comparación.

Pero el ensayo y error implica siempre el error y este, inevitablemente, es biológico o físicamente costoso. De esto se sigue que el cambio adaptativo debe ser siempre jerárquico.

Se necesita, por tanto, no solo un cambio de primer orden [protoaprendizaje] que permita el ajuste a las demandas medioambientales (o psicológicas) inmediatas sino también cambios de segundo orden [de un orden jerárquico superior o deuteroprendizaje] que reducirán la cantidad de intentos de ensayo y error necesarios para alcanzar un cambio de primer orden. Y así sucesivamente. Superponiendo e interconectando varios lazos de retroalimentación, nosotros (igual que cualquier otro sistema biológico) no solo resolvemos los problemas particulares, sino que también formamos hábitos que aplicamos a la solución de clases de problemas (*Steps to 200*)<sup>221</sup>.

---

<sup>221</sup> “All biological systems (organisms and social or ecological organizations of organisms) are capable of adaptive change. But adaptive change takes many forms, such as response, learning, ecological succession, biological evolution, cultural evolution, etc., according to the size and complexity of the system which we choose to consider.

Whatever the system, adaptive change depends upon feedback loops, be it those provided by natural selection or those of individual reinforcement. In all cases, then, there must be a process of trial and error and a mechanism of comparison.

But trial and error must always involve error, and error is always biologically and/or psychically expensive. It follows therefore that adaptive change must always be hierarchic. There is needed not only that first-order change which suits the immediate environmental (or physiological) demand but also second-order changes which will reduce

Si consideramos detenidamente el texto de Bateson podemos extraer los siguientes elementos:

1. Bateson reconoce como sujetos de cambio adaptativo tanto a los organismos biológicos como a las organizaciones sociales de tales organismos —es el caso de las organizaciones humanas objeto de nuestro análisis en este apartado—.
2. Las organizaciones humanas están sujetas a un proceso de evolución cultural análogo al proceso de evolución biológica.
3. El cambio adaptativo depende de lazos de retroalimentación en los que existen procesos de ensayo y error, así como mecanismos de comparación.
4. Como el error es costoso, se sigue que el cambio adaptativo debe ser jerárquico.
5. En esa jerarquía, la adaptación que permite al sistema ajustarse a cambios en el entorno inmediato equivale a un aprendizaje de primer orden para el sistema que se adapta.
6. Para reducir la cantidad de intentos de ensayo y error en el aprendizaje de primer orden, es necesario un aprendizaje de un nivel jerárquico superior que él llamó *aprendizaje de segundo orden* o deuteroprendizaje.
7. El aprendizaje de segundo orden posibilita al sistema formar hábitos que pueden aplicarse para resolver, más allá de problemas particulares, clases de problemas.

Un análisis de estos elementos, bajo la perspectiva que venimos trabajando, nos lleva a que, de los puntos 1 y 2 se sigue que el aprendizaje en las organizaciones humanas es ciertamente un cambio o evolución cultural. El desarrollo del conocimiento y el cambio cultural son dos caras de una misma moneda. De los puntos 3 y 4 se sigue que el aprendizaje implica lazos de retroalimentación para minimizar el error en los procesos de ensayo y error. Esa minimización del error se da gracias a la existencia de mecanismos

---

the amount of trial and error needed to achieve the first-order change. And so on. By superposing and interconnecting many feedback loops, we (and all other biological systems) not only solve particular problems but also form habits which we apply to the solution of classes of problems.”

de comparación. Esto es precisamente lo que argumentamos para respaldar las tesis principales planteadas en este libro.

Los puntos 5, 6 y 7 nos llevan a que se dan niveles de aprendizaje –el aprendizaje es jerárquico–. Los lazos de aprendizaje simple y doble, que ilustramos en el diagrama de la Figura 4.4., muestran precisamente esos dos niveles que llamamos aprendizaje de ciclo simple y aprendizaje de ciclo doble, y que pueden identificarse con el protoaprendizaje y el deuteroprendizaje respectivamente. Consideramos aquí que el hábito, propio del protoaprendizaje, es equivalente al dogma en la fase dogmática de Popper para el desarrollo de la ciencia, y el deuteroprendizaje equivale, a su vez, a la fase crítica popperiana. Aprender a aprender es aprender a criticar el dogma –el hábito– y, de ser necesario, superarlo.

Entonces, podemos concluir de este análisis que aprender a aprender es aprender a transitar de forma consciente y sistemática por el lazo doble del aprendizaje; es decir, tener la capacidad del deuteroprendizaje<sup>222</sup>. Con lo anterior, queda claro lo que queremos significar con *aprender a aprender*. Sigue, en nuestro análisis, entender cómo puede una organización humana aprender a aprender que es, en última instancia, la pregunta a la que prometimos intentar una respuesta.

Para avanzar en ese intento de respuesta, apoyémonos en la visión que desarrolló el psicólogo estadounidense Donald Thomas Campbell. Este intelectual, contemporáneo y amigo de Popper, fue uno de los pensadores que más contribuyó a la reflexión sobre el desarrollo del conocimiento científico no solo como un proceso

---

<sup>222</sup> Consideramos que la importancia del método científico, que hace que la ciencia sea una forma tan exitosa de acceso al conocimiento, se da precisamente porque es un método para aprender a aprender. Es importante aclarar que el ratón en el laberinto de Bateson exhibe la capacidad de deuteroprendizaje porque alguien, el experimentador o la naturaleza, le impone las condiciones de juego. En el caso del hombre y de las instituciones humanas, es el hombre mismo el que cambia esas condiciones, el que se las autoimpone.

evolutivo en sí mismo, siguiendo a Popper, sino también, como parte de un proceso evolutivo mucho más amplio: el proceso biológico darwiniano. Él habla de una *Epistemología de la selección natural* (“Epistemología evolucionista” 77).

Esta tesis epistemológica campbelliana busca describir cómo la evolución biológica, siguiendo el proceso darwiniano de variación y retención selectiva, fue dando lugar, históricamente, a un más amplio acceso al conocimiento que podía tener un organismo sobre su entorno. En tal jerarquía, Campbell identifica diez niveles donde el más primitivo –nivel 1– es aquel en el cual un organismo –en este caso una bacteria– está sometido a una variación ciega de su actividad locomotora hasta que encuentra un ambiente nutritivo o no nocivo, momento en el que se mueve hacia donde el ambiente es más rico en el nutriente que necesita. No hay memoria ni reutilización de soluciones anteriores. Por ejemplo, una bacteria que se alimenta de glucosa, inmersa en un líquido en el que existen diversas concentraciones de esta sustancia, se mueve en la dirección en la que aumenta la concentración de glucosa con el fin de alimentarse de la mejor manera. Por su parte, en nivel más avanzado en su jerarquía es el nivel décimo que es el propio de los seres humanos que utilizan el método científico para llegar al conocimiento de su entorno a través de la crítica racional sistemática.

Prestemos atención particular a dos niveles intermedios. En esa jerarquía, el quinto nivel caracteriza a aquellos organismos cuyas acciones sobre el medio están apoyadas por el sentido de la visión. Realmente aquí Campbell se limitó a la visión, pero pudo haber extendido su argumentación a cualquier otro sentido que haga las veces de detectar a distancia un elemento del entorno. La capacidad de detectar moléculas de sustancias mediante el olfato o la capacidad de detectar variaciones de temperatura como hacen algunas serpientes al captar la radiación infrarroja de sus posibles víctimas es, en cierta forma, equivalente a la capacidad visual.

La naturaleza nos ofrece ejemplos maravillosos de sentidos para percibir a distancia el mundo con los cuales los humanos ni

soñamos<sup>223</sup>. De todas formas, el punto clave que queremos resaltar aquí es que esa capacidad de detección a distancia permite al organismo “pensar” posibles acciones para enfrentar un determinado evento en su mundo. Como sostiene Campbell, ese apoyo sensitivo a distancia permite al organismo sustituir los movimientos de ensayo y error por *movimientos potenciales pensados* (“Epistemología evolucionista 62). Cuando un camaleón detecta el grillo en la rama cercana hace un cálculo mental de la distancia entre su boca y el insecto, y con ello determina cuánto requiere estirar su lengua para atrapar ese jugoso manjar. Es decir, simula mentalmente el acto de atrapamiento de tal forma que cuando lo realice realmente, este tenga una gran posibilidad de éxito.

Por su parte, el sexto nivel, que Campbell llama del *pensamiento apoyado mnemónicamente*, es igual que el anterior, solo que no desde el apoyo visual sino más bien con el apoyo de una representación en la memoria de eventos o situaciones por las que pasó el organismo anteriormente; es decir, con el apoyo del recuerdo de experiencias anteriores. Aquí el ejemplo ilustrativo puede ser el de los elefantes que recuerdan dónde encontraron agua en la pasada época de sequía y, con ello, se ponen en movimiento para encontrar la ansiada fuente del líquido. Otro ejemplo es el del zorro que aprende de su ataque a un puercoespín, que este animal tiene un método de defensa muy doloroso y punzante. La próxima vez que se encuentre con uno de estos animales representará en su memoria la acción de ataque y sus consecuencias –simulará la acción con el pensamiento– y rehuirá hacer tal ataque.

Es importante anotar aquí que, en estos dos niveles aparece por primera vez la simulación como forma de llegar al conocimiento ya que se hacen exploraciones sobre una representación sustitutiva del ambiente, en las cuales, los ensayos de exploración se seleccionan mediante criterios que son representantes sustitutos de los requisitos de solución o de las realidades externas. *Simulación* es entonces

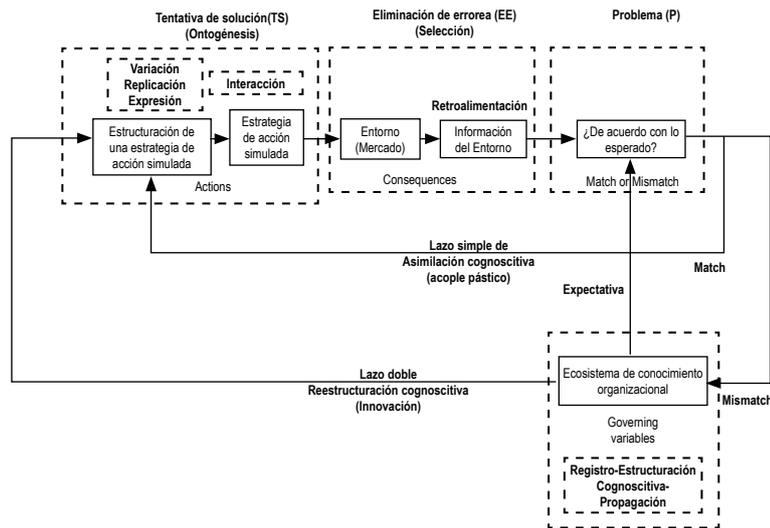
aquí la palabra clave. Simular es, para un organismo, representar de alguna manera el entorno y su acción sobre él y predecir los posibles resultados de tal acción. Es esta la manera como una organización humana puede lanzar al entorno estrategias de acción que tengan alta probabilidad de ser exitosas. Los ingenieros civiles simulan cuando construyen su modelo de un puente, bien con trocitos de madera y cartón o bien a través de un programa de computador. El puente que sirve de simulación es sometido a pruebas a escala y si su comportamiento es exitoso equivale esto a dar la bendición para la construcción del puente real.

La simulación es otra manera de enfrentar los peligros del proceso de ensayo y error. En este caso, el ensayo es la simulación y si esta es errónea, simplemente se rechaza y se cambia por otra. La punta de lanza es, en este caso, la propia simulación. Una empresa construye una simulación de una estrategia de acción y esa simulación indica de qué manera se comportará el mercado como respuesta a la estrategia propuesta. Si la simulación fracasa, muere esa entidad que podríamos llamar *virtual* y, por tanto, no muere la estrategia de acción real –ya que no es siquiera lanzada al mercado– y mucho menos muere la empresa.

A través de la simulación, las empresas, y en general las organizaciones humanas, pueden acelerar el paso por el segundo ciclo del aprendizaje y, por tanto, pueden realizar, de una manera consciente y sistemática el proceso de aprender a aprender. Nos aventuramos a afirmar inclusive que simular es, en el mundo de la interacción entre las organizaciones humanas con su entorno, el equivalente a lanzar teorías científicas en el mundo de la ciencia. Una simulación es una teoría sobre la empresa, el entorno y la relación entre ambos. Si la teoría no cumple las expectativas se cambia por otra que las cumpla mejor. Al explorar el ambiente utilizando no el ambiente real sino representaciones sustitutivas de tal ambiente, la empresa sustituye sus movimientos –acciones– de ensayo y error por movimientos –en este caso por estrategias– potenciales “pensados y mnemónicamente apoyados” que le permitirán actuar no reactivamente sino *proactivamente* frente al entorno. La simulación es, por naturaleza, predictiva y, por tanto, es una teoría sobre el mundo.

<sup>223</sup> El profesor Antonio Vélez nos describe, en una forma bastante amena, algunas de esas capacidades maravillosas que poseen ciertos organismos vivos con los que compartimos nuestro planeta (83-ss.).

El diagrama de la Figura 4.5. muestra el ciclo de generación de valor con su doble lazo de aprendizaje y, en lugar del entorno real se muestra la descripción del entorno simulado.



**Figura 4.5.** El Ciclo de generación de valor para el caso del cambio de una organización humana usando la simulación

En la Figura 4.5. ya no se estructura una estrategia de acción real sobre el entorno, sino que se construye una estrategia simulada que, a su vez, actuará sobre un entorno simulado. Si la interacción resultante está de acuerdo con las expectativas de la empresa, simplemente se estructura la estrategia real para actuar sobre el entorno real. Si, por el contrario, las expectativas de la empresa no se cumplen, se hace necesario diseñar y estructurar una nueva estrategia simulada. Muere pues la estrategia simulada evitando los costos que implica que muera la estrategia de acción real.

Imaginemos una empresa que fabrica galletas para el consumo. Supongamos que surge la idea de crear una nueva galleta con un color y una textura especiales y rellena, al interior de las dos caras, por una sustancia dulce particular. Un proceso de simula-

ción aquí es la denominada *prueba de mercado* en la cual se fabrica una cantidad pequeña de prototipos de la galleta y se dan a probar estos prototipos a posibles clientes en un supermercado. Luego se pregunta a los clientes por su percepción del producto y, dependiendo de las respuestas, se considera exitosa o no la prueba de mercado; es decir, exitosa o no la simulación realizada. Si la simulación no es exitosa simplemente se planean variantes de la estrategia o, en el peor de los casos, se desecha esa estrategia simulada.

De lo anterior podemos concluir –y es nuestra respuesta a la pregunta planteada– que una organización humana puede –y en el caso de las empresas en un ambiente altamente competitivo debe– aprender a aprender de manera sistemática usando la simulación para construir teorías del mundo, de manera análoga a como hace la ciencia cuando construye sus teorías sobre parcelas del mundo.

Queremos precisamente concluir la argumentación presentada en este libro hablando de la ciencia. Queremos responder a la pregunta: ¿es la ciencia una actividad humana que pueda describirse de manera adecuada a través del esquema tetrádico popperiano reformulado? Teniendo en cuenta que Popper utilizó inicialmente su esquema tetrádico para describir, mediante una imagen sencilla, cómo progresa la ciencia de problemas a problemas, consideramos que la respuesta a nuestra pregunta es positiva y es lo que postulamos en nuestra tesis principal N° 1. En el siguiente capítulo daremos argumentos para respaldar nuestra creencia.

## Capítulo 5

# El esquema tetrádico popperiano replanteado aplicado al ámbito del desarrollo de la ciencia

### 5.1 Una aproximación a una epistemología evolucionista de teorías

En los capítulos anteriores hemos propuesto una reformulación al esquema tetrádico popperiano de desarrollo del conocimiento basándonos en el aporte de Chris Argyris y Donald Schön sobre el aprendizaje en las organizaciones humanas y en los desarrollos de la teoría de la evolución biológica. A partir de estas concepciones, y teniendo en cuenta también aportes de pensadores como Hull, Wuketits, Argyris, Schön y Campbell, mostramos cómo el doble ciclo de aprendizaje puede verse como un esquema descriptivo del desarrollo del conocimiento en los dos ámbitos indicados – evolución de especies biológicas y cambio en las organizaciones humanas–, ambos caracterizados por ser procesos evolutivos autorreferentes<sup>224</sup>. En este capítulo pretendemos mostrar cómo el esquema propuesto permite describir, de manera clara, la dinámica del desarrollo del conocimiento científico incluyendo tanto la estabilidad propia de la fase dogmática como la emergencia propia de la fase crítica, fases con las que Popper identifica el avance del conocimiento en la ciencia.

---

<sup>224</sup> El proceso de cambio en los sistemas cognoscentes autónomos es lo que aquí llamamos *proceso evolutivo autorreferente*.

Nuestro aporte se puede clasificar dentro de la perspectiva denominada por Michael Bradie *Epistemología Evolucionista de Teorías* (EET), que es la perspectiva que básicamente trabajó nuestro filósofo de cabecera Karl Popper<sup>225</sup>. Para ello tomaremos como guía al filósofo inglés Stephen Toulmin, cuya perspectiva sobre el problema del desarrollo de la ciencia aplica perfectamente a nuestros objetivos argumentativos. Toulmin es, a nuestro juicio, el filósofo con la intuición más clara sobre las dinámicas inherentes al cambio conceptual. Si bien no describe el proceso como tal, sí establece los elementos clave que definen la dinámica de este. Nuestro propósito es, pues, tomar esos elementos y mostrar que se aplican perfectamente a la descripción del desarrollo científico bajo la perspectiva del doble ciclo de aprendizaje que estamos proponiendo.

## 5.2 Las ecologías intelectuales

En su libro *La comprensión humana*, Toulmin desarrolla el concepto de *Ecología intelectual* con el cual explica, desde su perspectiva,

---

<sup>225</sup> La Epistemología evolucionista, según el filósofo estadounidense Michael Bradie, se ha venido desarrollando bajo dos perspectivas distintas pero complementarias (244). La primera de ellas es la denominada Epistemología Evolucionista de Mecanismos cognoscitivos (EEM), que reflexiona científicamente sobre la manera en que evolucionaron las capacidades cognoscitivas tanto de los animales como del hombre, utilizando para ello, los principios definidos por la Teoría de la Evolución de Darwin. Esta es una perspectiva naturalizada de la epistemología. En ella se destacan pensadores como Konrad Lorenz, Rupert Riedl y Jean Piaget. La segunda perspectiva, denominada Epistemología Evolucionista de Teorías (EET), tiene una orientación filosófica y busca dar cuenta de cómo evolucionan las ideas, las teorías científicas y, en general, la cultura humana. Para ello utiliza metafóricamente los principios de la teoría de la evolución. Procede pues por analogía con la biología evolutiva. Popper es uno de los fundadores de tal perspectiva epistemológica. La teoría de Campbell, al contrario de la de Popper, puede clasificarse como una Epistemología Evolucionista de Mecanismos Cognoscitivos (EEM) hecho que se ve claramente en su jerarquía anillada.

cómo surge la diversidad conceptual que es el problema básico del desarrollo del conocimiento y, por tanto, de la comprensión humana del mundo. Anota:

El problema de la comprensión humana en el siglo xx ya no es de tipo aristotélico, en el cual la tarea epistémica del hombre es reconocer las esencias fijas de la naturaleza; ni de tipo hegeliano, en el que solo el espíritu humano se desarrolla históricamente sobre el fondo estático de la naturaleza. En cambio, es un problema que nos exige abordar la relación en desarrollo entre las ideas humanas y un mundo natural, ninguno de los cuales es invariable. En lugar de una mente fija aplicando principios fijos, debemos esperar hallar relaciones epistémicas variables entre un hombre variable y una naturaleza variable (Toulmin, *La comprensión humana* 37).

Estas relaciones epistémicas variables constituyen su *ecología intelectual* y el proceso por el cual el hombre construye tales relaciones epistémicas y consolida esa ecología intelectual es, para Toulmin, la verdadera *empresa racional*. Para él, las disciplinas científicas en desarrollo histórico son empresas racionales y no sistemas proposicionales estáticos y lógicamente estructurados como pretendía el positivismo lógico. Estas empresas racionales se componen, a su vez, de dos empresas complementarias que se constituyen en fases del proceso de desarrollo del conocimiento: primero se da el refinamiento analítico de los patrones intelectuales, proceso en el cual se logra la coherencia interna de las teorías científicas, y luego el progresivo reconocimiento de su ámbito empírico (Toulmin, *La comprensión* 165)<sup>226</sup>; es decir, de la coherencia externa de la teoría con el mundo natural que pretende explicar. La racionalidad aquí se refiere “[...] no a las doctrinas intelectuales particulares que un hombre – o un grupo profesional – adopta

---

<sup>226</sup> Estas dos empresas o fases toulminianas podemos equipararlas a las formas de contrastación de una teoría definida por Popper (*La lógica* 32). La fase del refinamiento analítico corresponde *grosso modo* con las tres primeras formas de contrastación popperianas mientras que la fase de reconocimiento del ámbito empírico de una teoría se corresponde con la etapa de contrastación de la teoría contra los hechos del mundo.

en cualquier momento dado, *sino a las condiciones y la manera en que está dispuesto a criticar y modificar esas doctrinas a medida que pasa el tiempo*” (95)<sup>227</sup>. La racionalidad está pues en el proceso y no en el producto. Vemos con esto que Toulmin llega a la misma conclusión que Popper para quien la racionalidad de la ciencia estriba, no en las teorías mismas, sino en el proceso por el cual aprendemos constantemente de nuestros errores (Popper, *Conjeturas* 272).

Este *enfoque ecológico* toulminiano relaciona, como él afirma, “[...] la vida de las ideas con la vida de las instituciones y de los hombres que las conciben y transmiten” (*La comprensión* 507). Con este enfoque se superan las dificultades planteadas por las posiciones de Kuhn, Popper y Lakatos (485) pues, “[...] en un nivel fundamental, las cuestiones de juicio racional colectivo deben ser consideradas en términos ecológicos, y no en términos formales [o de logicidad]” (486). Es decir, no deben ser consideradas en términos de una instancia que se abroga un punto de vista imparcial de la racionalidad, como ocurre con el caso de los criterios de demarcación o con los criterios definidos por grupos de referencia que ostentan la verdad sobre el paradigma vigente en períodos de ciencia normal.

Las ideas no forman sistemas proposicionales estáticos sino *poblaciones conceptuales en desarrollo histórico* y la racionalidad se manifiesta en el proceso de cambio de unos conceptos por otros; es decir, en el proceso de evolución de esas poblaciones conceptuales<sup>228</sup>. Este proceso se da cuando los hombres

---

<sup>227</sup> La cursiva es de Toulmin.

<sup>228</sup> Toulmin considera que: “[...] los conceptos como integrando agregados, sistemas o poblaciones conceptuales que emplean colectivamente las comunidades de usuarios de conceptos” (*La comprensión* 28). Estas *comunidades de usuarios* son básicamente comunidades lingüísticas y en ellas los conceptos se manifiestan explícitamente mediante proposiciones o enunciados lingüísticos cuyo significado está en el uso que tales comunidades hagan de ellos.

[...] son capaces, no solo de operar con esquemas rutinarios perceptuales y cognoscitivos estereotipados, sino también de criticar y modificar sus procedimientos a la luz de la experiencia, para lograr una comprensión intelectual o práctica más profunda de su situación. Estos dos rasgos distintivos de la especie humana son los que hacen apropiado discutir la percepción y el conocimiento humanos [...] en términos de empresas racionales y mejoras conceptuales (Toulmin, *La comprensión* 494).

Podemos ver que esta cita de Toulmin está en consonancia con lo que hemos venido trabajando sobre la dinámica del doble ciclo del aprendizaje. El ciclo simple funciona sobre esquemas rutinarios “estereotipados”; el ciclo doble, en cambio, por medio de la crítica a esos esquemas rutinarios vigentes, posibilita una comprensión más profunda de los fenómenos. Esa crítica y cambio de los esquemas rutinarios es lo que hemos llamado una *reestructuración cognoscitiva*. Para mostrar claramente esta consonancia analizaremos los aportes medulares de Toulmin.

La idea central del aporte de Toulmin, y su importancia para lo que estamos considerando en este libro, radica en el concepto de poblaciones conceptuales en desarrollo histórico y cómo el cambio en tales poblaciones es el resultado de la dinámica propia de lo que podríamos llamar el *ecosistema intelectual* en el que se desarrolla una disciplina científica. Esta expresión “ecosistema intelectual” nos trae a la mente la expresión análoga en biología: el ecosistema biológico en el cual se desarrollan las poblaciones biológicas<sup>229</sup>.

---

<sup>229</sup> Una disciplina científica es un sistema que forma parte de un sistema mayor. Este sistema mayor que incluye a la disciplina científica y a su entorno pertinente es el ecosistema intelectual de la disciplina. Sin embargo, puede considerarse que la misma disciplina científica es, a su vez, un ecosistema intelectual del cual forman parte la comunidad científica de la disciplina, así como los procedimientos, métodos, tecnologías y documentos propios de la disciplina. Podemos llamar a este ecosistema el *Ecosistema intelectual interno de la disciplina*.

Los conceptos que forman parte de las poblaciones conceptuales son *representaciones* compartidas por los miembros de una comunidad que, en el caso de la ciencia, son los miembros de la comunidad propia de una disciplina científica: “Cada uno de nosotros piensa sus propios pensamientos; pero los conceptos los compartimos con nuestros semejantes. En efecto, de lo que creemos somos responsables como individuos; pero el lenguaje en el que se articulan nuestras creencias es propiedad pública” (*La comprensión* 49). Aquí es bueno hacer una precisión; no debería hablar Toulmin de “el lenguaje en el que se articulan nuestras creencias” sino de las creencias articuladas en el lenguaje; lo que podríamos llamar “las narrativas”, ya que el lenguaje es un comportamiento y las narrativas son un producto de ese comportamiento. Un mito, una novela o una teoría científica son narrativas articuladas en el lenguaje, son el producto de utilizar el lenguaje como medio de expresión<sup>230</sup>.

Podemos ver además una coincidencia de Toulmin con las postulaciones popperianas, ya que Popper diría que las proposiciones mediante las que se expresan los conceptos son *representaciones* que habitan el Mundo tres; son *conocimiento objetivo*. Pero ocurre que los conceptos no los explicita un hombre, independientemente de su medio cultural. Existe, y en eso estamos de acuerdo con Toulmin, una conexión fundamental entre la adquisición de conceptos y la enculturación. Los conceptos que un hombre desarrolla son producto de su creatividad, pero también de la historia de su cultura particular que depende del lugar, la época y las circunstancias en las que ese hombre vive. Es decir, el origen y significado de un concepto dependen del contexto cultural. En este sentido, la pregunta que se hace Toulmin es: “[:]qué consideraciones tienen importancia en la innovación conceptual<sup>231</sup>

<sup>230</sup> Al respecto sostiene el psicólogo suizo Jean Piaget lo siguiente: “[...] el lenguaje reemplaza en parte a la acción, a tal punto que la introspección se halla en grandes dificultades para discernir por sus solos medios que aquel representa un verdadero comportamiento [...]” (Piaget 44). El lenguaje es pues acción.

<sup>231</sup> Toulmin usa el término de Innovación como equivalente a *Idea generada*. No usa ese término en el sentido moderno de Implantación exitosa de novedad en el seno de la sociedad.

y cómo deben juzgarse las variantes conceptuales nuevas[?]” (*La comprensión* 54). Para aproximar una respuesta hacemos eco de la posición de Toulmin, quien argumenta que una disciplina científica da por sentado ciertos conceptos, principios o presuposiciones básicas que no son propiamente característicos de una época histórica sino de la disciplina en sí. Este es el contenido intelectual de la teoría esencial de la disciplina –la familia de conceptos que la conforman– que puede cambiar, según Toulmin, de manera discontinua y un contenido intelectual ser reemplazado por otro con principios teóricos distintos y aún contrarios (90)<sup>232</sup>. Es decir, puede existir un cambio disruptivo en el contenido intelectual de la teoría esencial de una disciplina científica.

Nosotros identificamos este contenido intelectual de la teoría con la estructura axiomática de la misma; el conjunto de proposiciones que, ligadas lógicamente, constituyen la base o la estructura conceptual desde la cual pueden deducirse todas las demás proposiciones de la teoría. Cuando Einstein propuso su Teoría General de la Relatividad lo que produjo fue un cambio disruptivo en la disciplina de la física, pues el contenido intelectual de su teoría implicó un cambio radical en relación con el contenido intelectual de la teoría anterior: la Teoría de la Gravitación Universal de Newton. La estructura axiomática de la teoría de Einstein es inconmensurable con la estructura axiomática de la teoría de Newton. A pesar de que ambas teorías buscan describir y explicar el mismo conjunto de fenómenos y pronosticar comportamientos no observados aún en ese ámbito de la realidad física, su contenido intelectual

<sup>232</sup> Toulmin considera que el contenido intelectual –contenido de conocimiento– de una disciplina científica se compone de tres elementos relacionados: los ideales conceptuales y ambiciones explicativas corrientes de la disciplina, su repertorio de conceptos y procedimientos explicativos y la experiencia acumulada de los científicos que trabajan en ella (*La comprensión* 184). De esto puede inferirse que el contenido intelectual de la teoría esencial de la disciplina es un subconjunto del contenido intelectual de la disciplina. El primero comprende los principios teóricos básicos de la disciplina. El segundo abarca toda la población de conceptos de la disciplina incluidos los ideales conceptuales de la misma.

tual es radicalmente diferente. La física del macrocosmos cambió, con Einstein, su teoría esencial.

### 5.3 El ecosistema intelectual de una disciplina científica

Pero la teoría esencial no lo es todo en una disciplina científica. Podemos decir que es tan solo el producto momentáneo de la dinámica de lo que podemos llamar el *ecosistema intelectual interno* de la disciplina<sup>233</sup>. Existe un sustrato, un nivel más hondo –que Toulmin llama *nivel metodológico profundo*– en el que la disciplina exhibe una continuidad mucho mayor y que rige la argumentación al interior de esta. Dice Toulmin al respecto: “[...] por radicales que fueran los cambios en su contenido intelectual [los cambios en la teoría esencial de la disciplina], después de cada una de tales transformaciones la argumentación continuaría – metodológicamente hablando – de la misma manera que antes” (*La comprensión* 91). Newton, Leibniz, Kant, Bohr, Bergson y Einstein participaron en un único debate racional –en el nivel metodológico profundo– que, podríamos decir, fue el debate al que fueron sometidas sus teorías por la comunidad de los físicos y de los filósofos de la ciencia de sus respectivas épocas<sup>234</sup>. En ese nivel metodológico profundo pueden darse debates entre miembros de la comunidad científica que *defienden paradigmas* diferentes; es decir, que defienden teorías esenciales distintas. El debate entre Einstein y Bohr, por ejemplo, fue un debate de este tipo. Fue un debate de los fundamentos filosóficos de la Física en el que no hubo la inconmensurabilidad lingüística pregonada por Kuhn. Einstein y Bohr se entendían completamente, aunque no compartían el mismo paradigma.

<sup>233</sup> Más adelante definiremos con detalle lo que entendemos por ecosistema intelectual interno de una disciplina científica.

<sup>234</sup> Es interesante resaltar que, debido en parte a la crítica de Bergson a la concepción del tiempo y la simultaneidad en la Teoría de la Relatividad de Einstein, este no recibió el premio Nobel de Física por tal teoría a pesar del impacto que causó en el mundo científico la comprobación de su predicción sobre la curvatura de la luz observada durante el eclipse solar de 1919 (*cf.* Canales 4). Einstein recibió el premio Nobel en 1922 por sus investigaciones sobre el efecto fotoeléctrico.

Aquí, para aclarar estas consideraciones, acogemos dos tipos de principios que propone Toulmin como fundamentales en toda disciplina científica. Los principios del primer tipo son los *principios teóricos básicos* que se identifican con los postulados o axiomas de la teoría esencial de la disciplina. Los fundamentos –el sistema axiomático– sobre los que descansa el edificio conceptual construido conformado por teoremas en las ciencias formales o por leyes en las ciencias fácticas. Por ejemplo, en la teoría de la gravitación universal de Newton, algunos de los principios teóricos básicos son la acción a distancia, la existencia de un espacio y un tiempo absolutos, el principio de relatividad de Galileo, etc. Estos principios son los que conforman, como ya hemos anotado, la *teoría esencial* de la disciplina y definen el contenido intelectual de dicha teoría esencial.

El segundo tipo de principios corresponde con los *principios disciplinarios*. Estos, según Toulmin, “[...] definen los objetivos intelectuales básicos de una ciencia y le dan una unidad y una continuidad reconocibles” (*La comprensión* 133). Estos principios están en el nivel metodológico profundo y hacen de la disciplina un todo distinto y diferenciado de otras disciplinas científicas<sup>235</sup>. Por ejemplo, la biología fisicalista, aplicando el reduccionismo, busca explicar todos los fenómenos biológicos en términos de interacciones físicas; este es su objetivo intelectual. De todas formas, los sistemas conceptuales de una disciplina son más que teorías; ellos no son conjuntos de proposiciones lógicamente enlazadas sino poblaciones conceptuales ligadas, en el nivel metodológico profundo, por los principios disciplinarios (137). Algunos de los conceptos del sistema conceptual de una disciplina pueden estar lógicamente enlazados conformando teorías científicas, pero son

<sup>235</sup> En la concepción toulminiana, si bien dos teorías pueden ser inconmensurables atendiendo a sus principios teóricos básicos, las comunidades de científicos pueden comprenderse mutuamente ya que siguen compartiendo los principios disciplinarios que rigen su campo. En esto Toulmin se opone a Kuhn, quien afirma que tales comunidades no comparten narrativas comunes por lo que no pueden comunicarse en los mismos términos. Sus perspectivas son inconmensurables.

solo un subconjunto del conjunto de proposiciones que conforma el sistema conceptual de la disciplina. A este conjunto de proposiciones es a lo que podemos llamar el contenido intelectual explícito de la disciplina<sup>236</sup>.

Si utilizamos la notación de conjuntos para visualizar la relación entre estos dos conjuntos tenemos que:

Sean:

$P_{cd}$  el conjunto de conceptos de la disciplina enlazados por los principios disciplinarios. Tales conceptos forman la población de conceptos de la disciplina y definen el contenido intelectual explícito de la misma. Se incluyen aquí los principios teóricos básicos de la disciplina y todos los conceptos que se deducen de esos principios. También se incluyen los problemas no resueltos, las leyes descubiertas que no se derivan de las teorías vigentes y las hipótesis no contrastadas aún.

$P_{tb}$  el conjunto de los principios teóricos básicos de la disciplina científica. Es, en otras palabras, el conjunto de proposiciones ligadas lógicamente constituyendo el sistema axiomático de la teoría vigente –la teoría esencial– en la disciplina y que conforman el contenido intelectual de dicha teoría. Tales principios son irreducibles entre sí y no idénticos y las reglas de procedimiento consisten en componerlos o en combinarlos de tal forma que de esa síntesis o composición y no de cada uno de los principios por separado se extraigan los teoremas en las ciencias formales o las leyes en las ciencias fácticas.

<sup>236</sup> Recordemos que el contenido intelectual de la disciplina abarca también el conocimiento de los practicantes de esta, que es, fundamentalmente, conocimiento tácito.

Entonces:

$$P_{tb} \subset P_{cd}$$

Lo cual puede leerse como que el conjunto de los principios teóricos básicos de una disciplina científica es siempre un subconjunto del conjunto de los conceptos que forman la población de conceptos de la disciplina. Esto nos lleva además a poder afirmar que el sistema axiomático de una teoría de la disciplina, que liga en un todo coherente los principios teóricos básicos, es un subsistema del sistema conceptual de la disciplina que liga los principios disciplinarios.

Bajo esta concepción debemos admitir, como lo admite Toulmin, que los principios teóricos de una disciplina pueden cambiar, en ocasiones, discontinuamente o “a saltos”; pero los principios disciplinarios, “[...] que comprenden una ‘población’ cambiante de conceptos y familias de conceptos que, en general, son independientes unos de otros”, cambian gradualmente (*La comprensión* 144). Ese nivel metodológico profundo establece pues la identidad de la disciplina. La física del macrocosmos cambió abruptamente – en la década comprendida entre 1905 y 1915– de principios teóricos básicos, pero sus principios disciplinarios –entre los que podemos destacar el afán por el reduccionismo, la existencia del vacío y la inexistencia del azar ontológico– siguieron siendo vigentes. Einstein, igual que Newton, era un físico clásico pues creía, igual que el padre de la Mecánica Clásica, en un universo determinista en el que el azar ontológico no existe. Es famosa su frase, en una carta a su amigo y colega, el físico alemán Max Born, en el sentido de que Dios no juega a los dados con el universo. Einstein escribió a Born: “La mecánica cuántica es ciertamente imponente. Pero una voz interior me dice que no es aún la cosa real. La teoría dice mucho, pero no nos acerca realmente al secreto del ‘viejo’. Yo, de todos modos, estoy convencido de que Él no juega a los dados”<sup>237</sup>.

<sup>237</sup> “Quantum mechanics is certainly imposing. But an inner voice tells me that it is not yet the real thing. The theory says a lot, but does not

Podemos decir además, que una disciplina científica forma parte de un ecosistema más amplio en el que se involucran estructuras y procesos en redes causales –no lógico-formales–. Forman parte de este ecosistema los grupos de investigación, las universidades, las instituciones gubernamentales y privadas que apoyan la investigación, los centros de desarrollo tecnológico, las empresas que comercializan las aplicaciones prácticas de los resultados investigativos, las editoriales científicas, las entidades de normalización e incluso las personas del común que pueden manifestarse en pro o en contra de tal o cual desarrollo científico. Este ecosistema se entreteje en una red estrecha de relaciones y esa dinámica relacional incita, por un lado, a la producción, por parte de la disciplina científica, de las teorías científicas –estructuras conceptuales y lógicas– y, por otro lado, a las aplicaciones prácticas de tales teorías mediante los inventos o desarrollos tecnológicos. En este ecosistema amplio, la disciplina científica, como sistema –o más bien, como subsistema–, varía lenta y gradualmente, como indica Toulmin, y no “revolucionariamente” como aduce Kuhn<sup>238</sup>.

Cuando una teoría científica dentro de la disciplina cambia radicalmente –en el sentido revolucionario de Kuhn– se reemplaza una estructura teórica completa por otra, cambiando sus principios teóricos básicos (Toulmin, *La comprensión* 136); pero el sistema propio de la disciplina científica absorbe esos cambios sin alterarse de forma radical, pues no cambian los principios disciplinarios. Igual sucede con un sistema biológico, digamos una población de organismos. Los organismos individuales van y vienen; unos desaparecen y son reemplazados por otros en el continuo devenir de la vida, pero la población, como tal, absorbe esos cambios, cambiando ella misma de manera gradual. Este cambio lento se relaciona con

---

really bring us any closer to the secret of the 'old one'. I, at any rate, am convinced that He is not playing at dice” (*The Born-Einstein letters* 91).

<sup>238</sup> Podemos hablar incluso de dos ecosistemas: un ecosistema interno propio del individuo evolutivo (en este caso la disciplina científica) y otro ecosistema externo que es la red de interacciones con el ambiente en las que está inmerso ese individuo evolutivo. La robustez de esas redes es proporcional a la densidad de las interacciones involucradas.

la *robustez* y con la *resiliencia*<sup>239</sup> de las redes propias de los sistemas biológicos e identifica a las poblaciones biológicas como entidades históricas separadas de su medio. Precisamente la unidad de una disciplina científica, considerada como una entidad histórica se debe a esa robustez y a esa resiliencia propia de las redes tejidas por su ecosistema intelectual interno y es, para Toulmin, el resultado de la continuidad impuesta a sus problemas en la búsqueda de los ideales intelectuales de la disciplina (164). Los ideales intelectuales de Einstein eran los mismos que buscó Newton.

Las preguntas centrales, para el caso de la ciencia, serían entonces: ¿cómo cambian las poblaciones conceptuales en una disciplina científica? ¿Cuál es la dinámica de ese cambio? ¿Cómo se suceden unas a otras las teorías científicas? El objetivo, en este capítulo, es el de proponer precisamente una respuesta a estas preguntas a partir de la concepción que hemos elaborado mediante la reformulación del esquema tetrádico popperiano. Nuestra propuesta de respuesta aquí tomará varios elementos de la propuesta que, en el capítulo 4, hicimos para responder al problema de cómo se desarrolla el conocimiento en las organizaciones humanas, teniendo en cuenta que una disciplina científica es, ante todo, una institución humana – una empresa racional como la denomina Toulmin–. Las respuestas que presentemos deben considerar tanto el cambio gradual como el cambio disruptivo en la estructura de conocimiento de una disciplina científica. En la búsqueda de esas respuestas respaldamos la siguiente posición de Toulmin:

Lo que necesitamos, por lo tanto, es una explicación del desarrollo conceptual que pueda dar cuenta de los cambios de cierta profundidad, pero que explique igualmente el cambio gradual y el cambio drástico como resultados alternativos de los mismos factores que operan de diferentes maneras. En lugar de una explicación revolu-

---

<sup>239</sup> Entendemos por “Robustez” de un sistema la capacidad que tiene el mismo de permanecer estable a pesar de variaciones fuertes en su entorno. Por “Resiliencia” entendemos la capacidad de un sistema de persistir en la existencia pese a situaciones adversas de su entorno. Son conceptos parecidos, pero no idénticos.

cionaria [al estilo de Kuhn] del cambio intelectual que se proponga mostrar cómo se suceden unos a otros “sistemas conceptuales” enteros, por consiguiente, necesitamos construir una explicación evolutiva que muestre cómo se transforman progresivamente las poblaciones conceptuales (*La comprensión* 164)<sup>240</sup>.

Estas dos modalidades de cambio –gradual y drástico– son también características, como vimos con anterioridad, del proceso de evolución biológica y también del proceso de desarrollo del conocimiento en las organizaciones humanas<sup>241</sup>.

Como en el intento de dar respuesta a las preguntas planteadas hemos tomado a Toulmin como filósofo guía, hagamos primero un análisis de cómo enfrenta este filósofo inglés tal problema para luego hacer nuestra propuesta soportados en la visión toulminiana.

#### 5.4 El cambio en la ciencia desde la perspectiva toulminiana

Empecemos diciendo que Toulmin distingue dos conceptos darwinianos en el desarrollo de una disciplina científica. El primero es el de las unidades de variación; en este caso, las variantes conceptuales que surgen en una disciplina científica y el proceso por el cual surgen (*La comprensión* 132). El segundo es el de las unidades de modificación efectiva; aquí trata de responder a la cuestión de qué procesos hacen que los cambios conceptuales se incorporen efectivamente a la tradición de una disciplina (132), es decir, se conviertan en *innovaciones* bajo la moderna acepción del término.

<sup>240</sup> Los corchetes son nuestros.

<sup>241</sup> En la evolución biológica la teoría darwinista da preponderancia al cambio gradual mientras que la teoría del equilibrio puntuado la da al cambio drástico o disruptivo. Para el caso de las organizaciones humanas, el cambio gradual se asocia con la llamada *innovación incremental* y el cambio drástico se asocia con la *innovación radical*.

Esto lleva a que el desarrollo colectivo de los conceptos se dé en dos instancias; la primera instancia, que es especulativa, es la *ideación* –que Toulmin llama innovación–, instancia en la cual surgen los conceptos nuevos –las variantes conceptuales–. La segunda instancia es la *selección* –la crítica racional sistemática popperiana–; instancia en la cual la comunidad científica, el colectivo, escoge y se apropia de algunas de las propuestas, con lo cual modifica su tradición disciplinar. Podemos ver aquí exactamente el proceso campbelliano de variación y retención selectiva. Anota Toulmin:

El desarrollo de estas poblaciones [conceptuales] será caracterizado [...] como reflejo de un equilibrio entre dos tipos de factores: los factores de innovación [la ideación], responsables de la aparición de variaciones en la población correspondiente, y los factores selectivos que la modifican perpetuando ciertas variantes favorecidas (*La comprensión* 144).

El proceso de exponer las variantes a selección mediante la crítica racional sistemática es la característica del desarrollo de estas poblaciones conceptuales. La evolución conceptual, según Toulmin, debe tomar como modelo a la evolución orgánica, ya que en ambos casos se trata de procesos históricos de cambio poblacional. El análisis evolutivo debe explicar, por consiguiente, utilizando el proceso dual darwiniano, tanto la coherencia y continuidad de una disciplina conceptual como la manera en que esa disciplina se transforma o es superada por otra (149).

Una conclusión importante que se deriva de lo anterior es que el darwinismo deja una lección historiográfica clave que Toulmin subraya: “[...] en el desarrollo de las entidades o poblaciones históricas, no son las estructuras y las relaciones vigentes dentro de esas poblaciones las que necesitan ser explicadas como ‘funcionales’ sino que es menester explicar como adaptativos los cambios que se producen en ellas” (*La comprensión* 352). Esto va en contra de la visión sistematicista o logicista, tanto en lo relativo al cambio científico como al cambio orgánico o al cambio social y cultural. En el caso de la ciencia, como ya vimos, la racionalidad no está en la estructura lógica de las disciplinas científicas, sino en la capacidad de adaptación de estas a los problemas pertinentes

–exigencias o ideales intelectuales– para las sociedades en las que se desarrollan.

Este desarrollo de las poblaciones conceptuales es un proceso colectivo que se da, necesariamente, al interior de las disciplinas científicas<sup>242</sup> y tiene como efecto secundario la especialización, cada vez más profunda, de tales disciplinas. Dice Toulmin: “Las profesiones científicas especializadas, por tanto, son el precio institucional que pagamos para mantener las actividades gemelas de la especulación [surgimiento de variantes conceptuales] y la crítica [crítica racional sistemática] –que son las encarnaciones humanas de la variación y la selección intelectuales– trabajando juntas y en armonía” (*La comprensión* 300). La especialización es, podríamos decir, un mal necesario, ya que es la que define que cada comunidad científica sea una comunidad lingüística, una comunidad que comparte las narrativas propias de la población conceptual de su disciplina.

Pero el cambio en las poblaciones conceptuales de una disciplina científica es, para Toulmin, parte de un cambio más amplio en lo que nosotros hemos llamado el ecosistema intelectual interno de la disciplina. Este cambio amplio comprende el desarrollo histórico paralelo tanto de los conceptos de la disciplina con su tradición de procedimientos, técnicas y métodos para abordar los problemas teóricos y prácticos como de las instituciones profesionales y los hombres y mujeres que ponen en práctica y cambian o mejoran esos conceptos, procedimientos, técnicas y métodos<sup>243</sup>. Los hombres y mujeres que conforman estas instituciones profesionales constituyen no solo la comunidad de usuarios sino también el grupo de referencia encargado de la crítica racional sistemática en esa disci-

---

<sup>242</sup> Los conceptos se vuelven “colectivos” cuando se hacen explícitos mediante proposiciones que comparte, en su diario vivir, una comunidad lingüística.

<sup>243</sup> Es el conocimiento incorporado en esas instituciones y personas –básicamente tácito– el que genera la dinámica de cambio en el contenido intelectual de la disciplina científica; el cambio en sus poblaciones conceptuales –que es conocimiento explícito e implícito–.

plina (*La comprensión* 152). Como comunidad de usuarios, reciben de sus ancestros intelectuales los conceptos, instrumentos, procedimientos y técnicas propios de la disciplina<sup>244</sup>.

A pesar de los cambios, una disciplina científica –la física de partículas, por ejemplo– se caracteriza por su unidad y coherencia y por la continuidad genealógica – aquí vemos el esquema tetrádico popperiano– de los problemas que enfrenta y de las soluciones teóricas que propone. Afirma además Toulmin que cualquier ramificación o discontinuidad en la genealogía conceptual es el resultado de un proceso de ensayo y corrección de errores (209). En este sentido se identifica claramente con la posición de Popper sobre el mecanismo implícito en el desarrollo de la ciencia.

De todo lo anterior, es claro que las teorías no son la disciplina; son solo productos transitorios en el desarrollo de la misma. Son las puntas de lanza que la disciplina científica arroja para probar su coherencia con el mundo. Por otro lado, los problemas surgen para Toulmin, igual que para Popper, cuando no hay concordancia entre los ideales intelectuales o los principios teóricos básicos de la disciplina y nuestras ideas corrientes del mundo surgidas de lo que observamos y experimentamos. Es obvio que los ideales intelectuales o ambiciones explicativas son inalcanzables, pero sirven como referente constante para la actividad de los científicos (*La comprensión* 160).

Volviendo a Popper, tanto los ideales intelectuales como los principios teóricos básicos toulminianos, son parte de lo que Popper llamó “expectativas”, asunto que hemos expresado en el diagrama general del doble ciclo de aprendizaje de la Figura 3.4. El ideal intelectual cartesiano de que todo el cosmos es cognoscible

---

<sup>244</sup> Define Toulmin el concepto de *transmisión* como el conjunto o repertorio de técnicas, procedimientos, métodos de representación y, en general, “[...] la constelación de procedimientos explicativos” que son de apropiación colectiva por los practicantes de una disciplina científica particular (*La comprensión* 169). Este conjunto de conceptos pasa de una generación de científicos a otra a través de un proceso de enculturación.

—una expectativa del Mecanicismo— se derrumbó cuando Werner Heisenberg estableció el principio de incertidumbre.

Así, un problema puede dar lugar a la reorganización conceptual de una disciplina científica; es decir, a la reorganización de su *contenido intelectual*. Esta reorganización,

[...] nos exige prestar atención a los hechos empíricos, sin duda, pero no meramente con la intención de informar sobre los hechos o siquiera de generalizar acerca de ellos. Nuestra meta es, en cambio, *construir una representación mejor*<sup>245</sup>, nomenclaturas mejores y procedimientos explicativos mejores para ‘dar cuenta’ de los aspectos importantes de la naturaleza y discernir con mayor precisión en qué condiciones y con qué grado de exactitud la ‘representación’ resultante puede aplicarse a la explicación de la naturaleza del mundo tal como lo encontramos (Toulmin, *La comprensión* 194)<sup>246</sup>.

Esto deja claro que, para Toulmin: “Los ideales básicos de la ciencia son de *representación*” (265)<sup>247</sup>. Y por eso, la reorganización del contenido intelectual de una disciplina científica es un proceso de *reestructuración cognoscitiva*, pues recordemos que el contenido intelectual de una disciplina científica es parte del ecosistema intelectual interno de la misma.

El hecho de que para Toulmin la meta en la ciencia es la de construir una representación mejor, una representación que acerque a la comunidad de la disciplina a los ideales intelectuales, nos permite concluir que el filósofo inglés identifica el referente de progreso en cualquier disciplina científica con esos ideales intelectuales consensuados entre los científicos que practican la disciplina. Se progresa en la ciencia en la medida en que los logros en la disciplina se acerquen a los ideales intelectuales de la misma. En esto se diferencia de Popper para quien ese referente es el mundo

<sup>245</sup> La cursiva es nuestra.

<sup>246</sup> Este párrafo muestra claramente la posición instrumentalista de Toulmin.

<sup>247</sup> La letra cursiva es nuestra.

real. Toulmin es pues un instrumentalista<sup>248</sup> mientras Popper es un realista. Por otro lado, consideramos que Toulmin se acerca a Kuhn cuando afirma, refiriéndose a la física atómica como ejemplo de una disciplina científica: “Solo comparando los fenómenos naturales con el modelo intelectual de esos ideales [intelectuales] es posible identificar, de hecho, los problemas característicos de la física atómica” (*La comprensión* 163). Ese *modelo intelectual*, que implica “un conjunto acordado de conceptos fundamentales o constelación de presupuestos básicos” (385), rememora la noción de paradigma de Kuhn<sup>249</sup>, aunque la acepción de esta palabra en el sentido de Kuhn no es la más adecuada para Toulmin.

Sobre el *modelo intelectual* dice Toulmin: “Sin embargo, los conceptos establecidos de una ciencia definen con precisión solo ciertos límites dentro de los cuales debe circunscribir la manera de abordar sus problemas un científico profesional. Pero estos límites están ellos mismos sujetos a controversia. Las innovaciones teóricas a menudo han tenido el efecto de hacerlos retroceder” (173). Estos límites, la constelación de presupuestos básicos o conjunto de conceptos fundamentales y las maneras como tales conceptos se relacionan definen el modelo intelectual toulminiano y son los que, en nuestro diagrama de la Figura 3.1., hemos llamado *modelo mental* —lo que Argyris y Schön denominaron *governing variables* del sistema—. El modelo mental, como ya anotamos, equivale a la *estructura cognoscitiva* del sistema cognoscente autónomo. Tal estructura determina el comportamiento del sistema como un todo en su interacción con el entorno. No sobra repetir, en mor de la claridad, que en la constelación de presupuestos básicos se

<sup>248</sup> Afirma, por ejemplo, Toulmin: “En la ciencia, el significado se muestra por el carácter de un procedimiento explicativo; y la verdad, por el éxito de los hombres en hallar aplicaciones para ese procedimiento” (*La comprensión humana* 182).

<sup>249</sup> Toulmin utiliza varios términos, al parecer equivalentes para designar esa constelación de presupuestos básicos. En algunos lugares de su libro *La comprensión humana* utiliza la expresión *Teoría esencial*; en otros utiliza los términos *Modelo intelectual* y *Paradigma*, pero este último no en el sentido de Kuhn.

incluyen no solo los principios teóricos básicos de la disciplina –la estructura axiomática de la teoría, o teorías, vigente–que hemos representado con la expresión  $P_{tb}$ –, sino también todos los conceptos que conforman la población conceptual de la disciplina y que están ligados, en el nivel metodológico profundo por los principios disciplinarios de la misma –que hemos representado con la expresión  $P_{cd}$ .

Es el cambio en esta estructura cognoscitiva el que hace que la disciplina científica se convierta en una entidad en desarrollo histórico. En este sentido dice Toulmin: “Los objetivos intelectuales [y su respectivo modelo intelectual] de nuestras disciplinas están sujetos a desarrollo histórico, junto con todas sus teorías y conceptos específicos” (*La comprensión* 260). En este desarrollo histórico se *amplían* los ideales intelectuales o ambiciones explicativas de una disciplina científica para abarcar nuevos dominios de la experiencia (260). Esto equivale a la ampliación de lo que podemos denominar el *dominio cognoscitivo* de la disciplina y, por ende, el dominio cognoscitivo humano en ese campo –el horizonte de expectativas popperiano–.

Decíamos antes que el cambio en las poblaciones conceptuales de una disciplina científica es parte de un cambio mucho más amplio; el cambio de todo su ecosistema intelectual interno que comprende no solo esas poblaciones conceptuales sino también las instituciones propias de la disciplina y los hombres y mujeres que las conforman. El cambio se da pues no solo a partir de una tradición conceptual –lo que podemos llamar la genealogía de conceptos de la disciplina– sino también a partir de una tradición institucional y se hace evidente en periódicos, revistas, foros de debate, sistemas de pares, centros de investigación, etc. Toulmin considera que esas instituciones, que él llama *profesiones intelectuales*, son también entidades históricas. Es claro que tales instituciones como organizaciones humanas cambian en el tiempo y son, de esa forma, entidades históricas. Sin embargo, nosotros pensamos –y en eso nos apartamos de Toulmin– que el foco del cambio, en el contexto que estamos trabajando, no son esas instituciones humanas sino el ecosistema que ellas entretejen –lo que hemos llamado el ecosistema intelectual interno de la disciplina–.

Un periódico o una revista pueden desaparecer y crearse otros que ocupen su lugar, pero el ecosistema que todos estos actores de la disciplina constituyen simplemente va cambiando lentamente en el tiempo. Es ese cambio en el ecosistema intelectual interno de la disciplina científica el que modula o canaliza el cambio en el modelo intelectual o estructura cognoscitiva de la misma según planteamos en este libro.

Por otro lado, aunque Toulmin no acepta el concepto kuhniano de revoluciones, consideramos que sí respalda, aunque no con las mismas palabras, el concepto de *ciencia normal* de Kuhn, como una fase o estado en el desarrollo de una disciplina científica. Dice:

[...] en una ciencia en la cual hay suficiente acuerdo con respecto a sus objetivos disciplinarios [...] este consenso estratégico determina criterios de selección bien definidos para decidir entre diversas variantes conceptuales; y los científicos concordarán en sus juicios sobre las innovaciones conceptuales simplemente porque este consenso decide para ellos qué tipos de cambios satisfarán los objetivos intelectuales acordados de la ciencia, *por el momento* (*La comprensión* 237)<sup>250</sup>.

Cuando no existe ese consenso, la disciplina científica entra en una etapa de *nebulosidad intrínseca* en la que incluso los mismos *criterios normales*<sup>251</sup> y no ambiguos de selección sobre cuáles son las mejores variantes conceptuales, entran en un proceso de reestructuración luego del cual el proceso de juicio intelectual toma una nueva forma. Estas etapas que define Toulmin en el desarrollo de una disciplina científica pueden asimilarse perfectamente a las etapas de *ciencia normal* y de *revolución científica* de Thomas Kuhn, aunque en la dinámica propia de la revolución científica no concuerden Kuhn y Toulmin. Enfatiza este filósofo la diferencia entre esas dos etapas: “Así, los casos claros son también

<sup>250</sup> La letra cursiva es nuestra.

<sup>251</sup> Utilizamos aquí las mismas palabras, puestas en cursiva, que usa Toulmin (*La comprensión* 242).

casos ‘de rutina’ en los que se puede jugar con un viejo conjunto familiar de reglas; mientras que los casos nebulosos son casos ‘controvertidos’, que enfrentan a los científicos con cuestiones que normalmente pueden dar por sentadas” (242). En estos últimos casos, los científicos abandonan el carácter formal o tático de la ciencia y se ocupan de problemas estratégicos mediante los cuales reevalúan los propósitos fundamentales de la disciplina y elaboran métodos distintos de pensamiento a la luz de consideraciones históricas previas y actuales. Como podemos inferir, los *casos de rutina* toulminianos se refieren a nuestro ciclo simple de aprendizaje y, en cambio, los *casos nebulosos* corresponden a la dinámica del ciclo doble: la dinámica de la reestructuración cognoscitiva.

Tanto los juicios de carácter tático –aquellos orientados a seleccionar, bajo unos ideales explicativos, entre diversas variantes teóricas, cada una con sus propios *principios teóricos básicos*, las que tienen mayor poder explicativo–, como los de carácter estratégico –aquellos orientados a definir un nuevo conjunto de ideales explicativos o de ambiciones intelectuales–, buscan, en última instancia, “[...] hacer del mundo natural un objeto más inteligible para la comprensión humana” (*La comprensión* 251). Estos últimos juicios –estratégicos– son, no tanto juicios científicos, como sí juicios de carácter epistemológico; juicios sobre los fundamentos, que se sitúan en la filosofía de la ciencia. Es el caso de debates famosos en la historia de la ciencia como el de Bohr-Einstein sobre la naturaleza de la realidad, o el de Clarke-Leibniz sobre los principios de la teoría newtoniana, en los que se pusieron en entredicho ideales explicativos como los relativos a la concepción del azar y la visión determinista de los fenómenos en el primer caso o la naturaleza de la fuerza y la acción a distancia en el segundo. La perspectiva toulminiana se fundamenta en el reconocimiento de la relatividad ineludible de los conceptos y normas aceptados como autorizados en una disciplina científica y en una época histórica<sup>252</sup>. Estos, incluidos los criterios de selección, están sujetos

<sup>252</sup> Sobre la relatividad de los conceptos y la influencia que sobre la concepción de los mismos ejerce el entorno social, puedes ser interesante consultar el artículo del filósofo español Juan Arana relacionado con la

a un desarrollo histórico, igual que las teorías y las variantes intelectuales sobre los que se han ejercido tales criterios, conceptos y normas (Toulmin)(256).

Podemos afirmar pues que el cambio en los ideales intelectuales y en los principios teóricos básicos de una disciplina científica, así como en las normas, conceptos y criterios de selección imperantes en esa disciplina, constituyen la sustancia del ciclo doble del aprendizaje, y que los ajustes en las teorías establecidas y en las variantes intelectuales existentes en una disciplina científica constituyen la sustancia del ciclo simple del aprendizaje de Argyris.

Resumiendo la posición de Toulmin, este filósofo presenta la empresa racional de la ciencia como: “[...] una población cambiante de conceptos, asociados en teorías más o menos formalmente estructuradas [...]” (*La comprensión* 268). Estas teorías y conceptos conquistan su lugar y permanecen dentro de la disciplina en la medida en que contribuyan a la solución de sus problemas importantes; importancia que se mide en términos de las ambiciones intelectuales vigentes en la disciplina. Dice Toulmin: “Los centros fundamentales del cambio conceptual siguieron siendo, y siguen siendo aún, no las opiniones de los individuos, sino los repertorios colectivamente atestiguados de conceptos que forman la transmisión intelectual de las disciplinas” (294)<sup>253</sup>.

### 5.5 La disciplina científica, una empresa racional

Si una disciplina científica es una empresa racional como plantea Toulmin, es ante todo una institución humana, y como tal, procede para tal organización lo que planteamos en el capítulo 4 para las organizaciones humanas. Mostraremos aquí que si la estructura cognoscitiva de una disciplina científica es equivalente al sistema que conforman los conceptos de la población conceptual

---

evolución del concepto de fuerza y cómo Newton lo usó en su teoría de la Mecánica (22).

<sup>253</sup> Estos “repertorios” son exclusivamente Conocimiento explícito; lo que Toulmin llama la *Transmisión intelectual*.

de la disciplina ligados por los principios disciplinarios –y dentro de estos conceptos, los principios teóricos básicos de las teorías propias de la disciplina– entonces la entidad que crea y estructura estos conceptos y los liga bajo dichos principios es el ecosistema intelectual interno de la disciplina. Este ecosistema es entonces el *estructurador cognoscitivo*.

Pero ¿cómo está configurado este ecosistema? La respuesta la podemos basar, en este caso, en lo que planteamos para las organizaciones humanas en general. En una disciplina científica se dan cuatro categorías de recursos de conocimiento cuya interacción genera el ecosistema intelectual interno de la misma. La primera categoría comprende todo aquel conocimiento que poseen los expertos de la disciplina; los científicos teóricos y experimentales, los auxiliares entrenados, los gestores de proyectos científicos y los escritores encargados de la divulgación de la ciencia, entre otros. Es un conocimiento principalmente tácito y que se gana con la experiencia y la vivencia directa de la actividad científica.

La segunda categoría, siguiendo con el paralelo de lo dicho en el capítulo 4 sobre las organizaciones humanas, está conformada por los conceptos explicitados que conforman la población de conceptos de la disciplina. Es conocimiento explícito. Dentro de esta población de conceptos están incluidos los conceptos que forman parte de las estructuras axiomáticas de las teorías en la disciplina. Traigamos a colación la física durante el siglo XIX. Esta disciplina científica abarcaba teorías de campos tan disímiles como la termodinámica, el electromagnetismo, la mecánica y la dinámica clásicas, la hidrodinámica y la cinemática de gases. Cada una de estas teorías con su estructura axiomática propia comprendía un conjunto de conceptos y todos ellos formaban parte de la población de conceptos de la disciplina –la física clásica–, ligados por los principios disciplinarios. Estos conceptos y las maneras como están ligados se transmiten a las nuevas generaciones mediante libros de texto, documentos científicos, artículos, conferencias, seminarios y cualquier otro medio de representación.

La tercera categoría está conformada por el conocimiento involucrado –implícito– en los métodos, técnicas teóricas y ex-

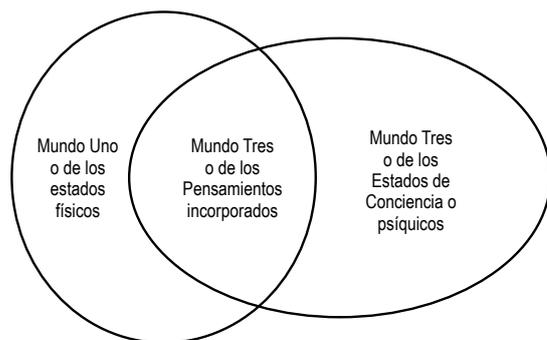
perimentales y, en general, en los procesos que llevan a cabo las instituciones profesionales de la disciplina como los centros de investigación, las universidades, las sociedades científicas, las entidades de estandarización y las editoriales científicas.

La cuarta categoría, siguiendo con nuestro paralelo, corresponde al conocimiento incorporado en las tecnologías, en los instrumentos que apoyan la investigación, en los ensambles experimentales, en los dispositivos de laboratorio y, en general, en todos aquellos dispositivos que permiten o facilitan la interacción con el entorno que explora el científico. Muchos de los avances de una disciplina científica se debieron a que se contó con la tecnología para contrastar las hipótesis o comprobar las predicciones que se planteaban en un momento dado. ¿Qué fue el telescopio en manos de Galileo sino un instrumento con el cual pudo mostrar la validez de la teoría copernicana? ¿Qué es ahora el acelerador de hadrones europeo sino el instrumento para comprobar –o desechar– las predicciones de la Teoría estándar de la mecánica cuántica? El físico e historiador de la ciencia estadounidense Peter Galison (1955) defiende, en su libro *Image and logic*, una visión del desarrollo científico que pone el énfasis en los instrumentos y en los experimentos como complemento de las teorías en el proceso de impulsar tal desarrollo (19).

De la interacción de los componentes de estos cuatro niveles –o categorías– del ecosistema intelectual interno de una disciplina científica emerge –en el sentido popperiano– el cambio en la disciplina; es decir, en la población conceptual, expresado ese cambio en nuevos conceptos y nuevas maneras de relacionarlos, nuevas técnicas, nuevos dispositivos experimentales, nuevas hipótesis, nuevos problemas, nuevas teorías con mayor poder explicativo y predictivo e, incluso, nuevos objetivos intelectuales para la disciplina.

Aquí podemos reinterpretar el ecosistema intelectual de una disciplina científica –con sus cuatro niveles– desde la óptica de los tres mundos de Popper. Este filósofo sugirió que las relaciones ontológicas que se establecen entre el mundo 1 y el mundo 3 deben ser intermediadas, necesariamente, por el mundo 2. En su libro *Lógica, evolución y ontología* el filósofo de la ciencia Jorge Mejía

propone el diagrama de la Figura 5.1. para ilustrar esta relación y que reproducimos a continuación (186).



**Figura 5.1.** La índole ontológica de los mundos de Popper según Mejía

Algunos estados mentales de los científicos –Mundo 2–, referidos a los fenómenos de la Naturaleza –Mundo 1– adquieren cuerpo, por un lado, en problemas, en hipótesis y en teorías científicas expresadas en un lenguaje codificado y almacenadas en documentos y, por otro lado, en artefactos tecnológicos o en métodos y procesos de acción, todos ellos habitantes del Mundo 3. Podemos entonces afirmar que el ecosistema intelectual interno en una disciplina científica surge y se desarrolla a partir de esa interacción entre los mundos popperianos y es ese ecosistema intelectual el que, en su dinámica, produce la variación conceptual, como indicamos anteriormente, variación que se traduce en nuevos conceptos, en nuevas teorías científicas e, incluso, en nuevos principios disciplinarios que entran a su vez a enriquecer la población conceptual de la disciplina.

La población conceptual como sistema en el que los conceptos están ligados por los principios disciplinarios varía, como ya dijimos, de forma gradual en una disciplina científica aunque dentro de ella se formen, a veces abruptamente, estructuras conceptuales con relaciones lógicas establecidas entre las proposiciones que sirven de expresión a algunos de los conceptos que conforman tal población conceptual –las teorías o las que Toulmin

llama *familias de conceptos* (*La comprensión* 144). Recordemos que la dinámica de evolución en una disciplina científica y por medio de la cual surgen, se posicionan o desaparecen los conceptos y las estructuras conceptuales en la población conceptual de la disciplina –conceptos y estructuras que, expresados en proposiciones y redes de proposiciones, son representaciones y, por tanto, habitantes del Mundo 3– es debida a la interacción entre los mundos 1 –los objetos del mundo físico– y 2 –los estados mentales humanos– de acuerdo con la visión de Popper, que compartimos completamente y que se ilustra en el diagrama de la Figura 5.1.

Por esta razón, una idea que aparece repentinamente en la mente de un hombre –Mundo 2– puede llevar a la generación de unos nuevos principios teóricos básicos y, por tanto, a la estructuración de una nueva teoría (Mundo 3) que debe ser contrastada contra el mundo natural –Mundo 1–. La idea –Mundo 2– de que era una y la misma fuerza la que hacía caer la manzana y la que mantenía a la Luna en su órbita –Mundo 1– llevó a Newton a estructurar la Teoría de la gravitación universal –Mundo 3– que ejemplifica un cambio revolucionario en la concepción que tenía el hombre del funcionamiento del cosmos físico. La idea –Mundo 2– de que la naturaleza selecciona a los organismos de forma similar a como hacen los seleccionadores humanos en la cría de razas de animales –Mundo 1– llevó a Darwin a estructurar su Teoría de la evolución por selección natural –Mundo 3– que ejemplifica un cambio revolucionario en la concepción del funcionamiento del cosmos biológico.

Es claro que la base conceptual para ambos desarrollos teóricos existía previamente, ya que la respectiva población conceptual fue enriquecida por los aportes de precursores científicos: Galileo, Kepler, Descartes, entre otros, en el caso de Newton; Buffon, Erasmus Darwin, Lamarck, Lyell, Malthus, entre otros, en el caso de Darwin<sup>254</sup>. Aquí es donde Kuhn se equivoca en su apreciación del

<sup>254</sup> Si bien muchas de las construcciones teóricas de carácter deductivo tienen como protagonista a un gran genio individual (Euclides y la Geometría plana, Newton y la Mecánica clásica, Einstein y la Teoría de la Relatividad) ocurre que durante el proceso previo al surgimiento de la síntesis

cambio científico y en ello estamos de acuerdo con la posición de Toulmin. El cambio revolucionario se da en las estructuras conceptuales existentes *dentro* de las poblaciones conceptuales y no en las poblaciones conceptuales mismas. Estas cambian gradualmente y, por tanto, las comunidades de científicos pueden entenderse aunque defiendan distintos paradigmas. El cambio de paradigma en una disciplina científica es, entonces, un proceso de reestructuración cognoscitiva, un cambio en el modelo mental relevante en la disciplina.

Podemos ahora entonces afirmar que una disciplina científica es un verdadero *sistema cognoscente autónomo* porque es un ecosistema intelectual autoorganizado y autorreferente en el que, a través de la interacción de científicos, instituciones, contenido intelectual, estrategias, procesos, métodos, procedimientos e instrumentos tecnológicos –Mundos 1, 2 y 3–, se da la evolución gradual de la población conceptual de la disciplina y la evolución, a veces puntuada –en términos de Gould– o revolucionaria –usando el término de Kuhn pero no su interpretación– de las estructuras teóricas; proceso evolutivo que constituye propiamente el desarrollo científico. Este

---

teórica; es decir, durante la etapa de la *nebulosidad intrínseca*, como la llamó Toulmin, se descubren fenómenos aislados que no son explicables en términos de las teorías corrientes (anomalías según Kuhn) y para los cuales surgen y se descartan hipótesis en un toma y dame constante entre reflexión teórica y prueba experimental. Durante la revolución científica de los siglos XVI y XVII, científicos como Descartes, Galileo, Brahe, Gassendi, Kepler, Huygens y Hooke, entre otros, conjeturaron hipótesis, realizaron observaciones y experimentos y, con base en ello, enunciaron leyes que describían fenómenos naturales para los cuales las construcciones teóricas existentes no tenían explicación adecuada. Solo la síntesis newtoniana pudo ofrecer una teoría de carácter deductivo que explicara casi todas esas anomalías y, además, pronosticara la existencia de otros fenómenos no considerados hasta ese momento como la periodicidad de algunos cometas con órbitas elípticas alrededor del Sol y la existencia de un planeta más allá de la órbita de Urano. Períodos de nebulosidad intrínseca similares ocurrieron previamente a la aparición de la Geometría euclidiana, de la Teoría electromagnética, de la Teoría darwiniana de la evolución y de la Teoría de la relatividad.

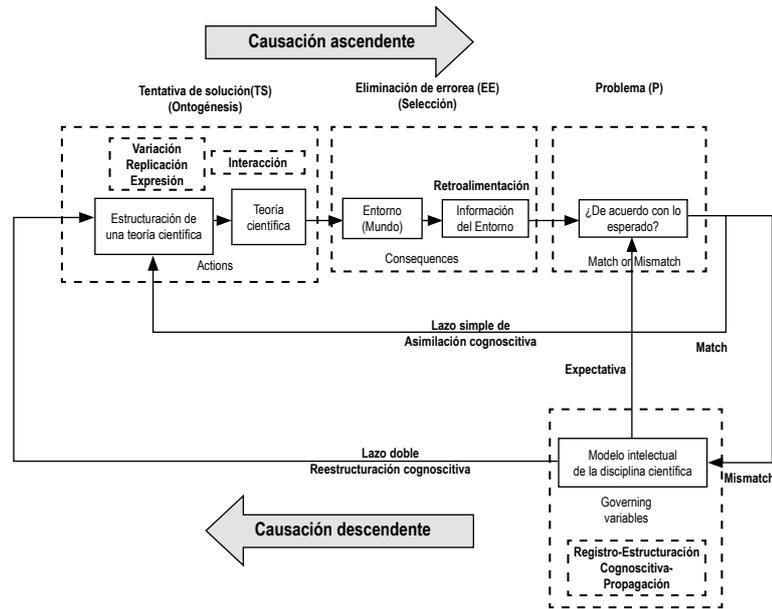
ecosistema surge y se desarrolla al interior de un marco cultural que lo nutre y le da su toque particular. Varía, en general, gradualmente, pero el cambio también puede ser disruptivo cuando cambia radicalmente la constelación de presupuestos epistemológicos que sustentan el paradigma de la disciplina. Si bien, en el desarrollo de una disciplina científica la mayoría de los conceptos que conforman la población conceptual de la disciplina no varía significativamente, si puede existir un cambio significativo en los objetivos intelectuales, en los principios teóricos básicos, en las expectativas aceptadas, en las construcciones conceptuales, en las estrategias de acción y en la forma de diseñar, construir e interpretar las contrastaciones experimentales. Cuando esto sucede, podemos inferir que el ecosistema intelectual interno de la disciplina también sufre un cambio significativo. Luego de tal cambio ya no es igual la forma de ver la parcela del mundo que la disciplina busca comprender y explicar. Esto no implica que dejen de usarse algunos de los conceptos concebidos por las teorías anteriores al cambio.

La mecánica newtoniana sigue siendo más útil y fácil de aplicar en determinadas escalas de la realidad a pesar de que ahora entendamos el mundo bajo los lentes de la Teoría de la Relatividad o bajo los de la Mecánica Cuántica. No se da la inconmensurabilidad en la comunicación de las respectivas comunidades científicas como pregonaba Kuhn. Por el lado de las matemáticas, la geometría euclidiana sufrió un cambio disruptivo cuando se cuestionó su quinto postulado. Las geometrías que surgieron a partir del cambio de dicho postulado permitieron la creación de teorías matemáticas alternativas que posibilitaron la comprensión del mundo a escalas diferentes a la escala humana, pero la geometría euclidiana sigue siendo perfectamente aplicable a esa escala humana.

## 5.6 El desarrollo de una disciplina científica mirado desde el doble ciclo del aprendizaje

Vamos a proceder entonces, apoyándonos en los conceptos que hemos elaborado a partir de Toulmin sobre el desarrollo de una disciplina científica, a mostrar cómo estos conceptos hallan una expresión clara en el doble ciclo de aprendizaje, entendiendo a la disciplina científica como un sistema cognoscente autónomo.

Partamos nuevamente, para ello, del diagrama de la Figura 3.4. adaptándolo al caso del desarrollo de la ciencia. Esto se muestra en el diagrama de la Figura 5.2.



**Figura 5.2.** El Ciclo de generación de valor para el caso del desarrollo de una disciplina científica

Para explicar este diagrama veamos primero cuáles serían las unidades de acción para el caso del desarrollo de una disciplina científica. Para ello debemos identificar qué entidad realiza cada una de las funciones indicadas en el diagrama del doble ciclo mostrado en la figura. El objetivo de la ciencia es el desarrollo de teorías que describan y expliquen el funcionamiento de los fenómenos que vemos en el mundo –lo que nos aparece– y que nos permitan predecir otros fenómenos de los que aún no tenemos conocimiento. Ese proceso de desarrollo de teorías es un proceso de naturaleza tanto racional como social. Un proceso donde intervienen personas –los científicos de la disciplina y también aquellos que apoyan su labor, como los gerentes de proyectos científicos, los auxiliares de inves-

tigación y los divulgadores de la ciencia, entre otros–; intervienen también instituciones académicas de distinto carácter como universidades y centros de investigación; además las instituciones y asociaciones científicas que propagan el conocimiento a través de medios especializados –periódicos, revistas, libros de texto, cursos, conferencias, etc.–; se hace uso de unos principios disciplinarios, de unos métodos, procesos y procedimientos estandarizados de trabajo, de un instrumental tecnológico y, claro está, del contenido intelectual establecido –la tradición intelectual; es decir, los repertorios colectivamente atestiguados de conceptos que, explicitados, conforman las proposiciones de la disciplina, habitantes del mundo 3 popperiano–. Todo esto forma parte, como indicamos anteriormente, del *ecosistema intelectual interno* de la disciplina científica.

Sin embargo, si existe ese ecosistema intelectual interno de la disciplina científica, debe existir también un ecosistema más amplio del que la disciplina es parte. Ese sistema más amplio, que es el entorno de la disciplina científica, es un sistema de tipo social y natural. Del entorno social de la disciplina científica forman parte instituciones gubernamentales, colectivos religiosos, comunidades organizadas de personas que defienden o que atacan proyectos de investigación, universidades, centros de desarrollo tecnológico e instituciones financieras y de capital de riesgo, que financian experimentos o desarrollos en investigación tanto básica como aplicada, etc. El entorno natural, por otro lado, está conformado por los aspectos o fenómenos naturales –físicos, biológicos, psicológicos o sociales– que forman el dominio cognoscitivo de la disciplina científica; es decir, por los aspectos de la naturaleza pertinentes para la tal disciplina y contra los cuales deben contrastarse las teorías que esa disciplina produce.

Nos preguntamos entonces ¿dónde están los límites de la disciplina como entidad evolutiva autorreferente en ese ecosistema intelectual? La respuesta que podemos dar es que, igual que en biología, donde una población biológica, que es un sistema autoorganizado, forma parte de un ecosistema más amplio que incluye otras especies y un medio ambiente físico y a pesar de ello tiene límites claros, una disciplina científica es también un sistema autoorganizado que forma parte del ecosistema más amplio antes descrito. La disciplina

científica, caracterizada por el ecosistema intelectual interno que la define y en el cual los agentes del cambio son las personas –que conforman una comunidad lingüística y crean su propia cultura–, establece sus límites gracias a esta identificación cultural que le posibilita interactuar con su entorno como un *todo sistémico autoorganizado*. Ese entorno ejerce perturbaciones sobre la disciplina, pero es el ecosistema intelectual interno a la misma el que genera autónomamente la aparición de variantes en la población conceptual propia de la disciplina y desarrolla y contrasta las estructuras conceptuales –hipótesis, definiciones, enunciados, problemas y teorías científicas tanto descriptivas como explicativas– a través de un proceso interno de selección mediante la crítica racional sistemática para lograr la coherencia de tales estructuras conceptuales.

En la ciencia, entonces, la unidad de evolución, el sistema cognoscente autónomo, es la disciplina científica conformada por ese ecosistema intelectual interno, que, a su vez, es el estructurador cognoscitivo y, por tanto, la unidad de acción correspondiente a la función *registro-estructuración cognoscitiva-propagación*. El producto de esta dinámica, lo que se registra, se estructura y se propaga, son las proposiciones y las estructuras de proposiciones –conocimiento explícito– que conforman la población conceptual. Es en esta población donde aparecen conceptos nuevos o varían, de alguna manera, conceptos existentes; se integran conceptos en estructuras conceptuales nuevas o se desintegran esas estructuras; todo ello expresado mediante proposiciones y redes de proposiciones. Un concepto previamente irrelevante puede adquirir importancia en una nueva estructura conceptual o también estructuras conceptuales distintas pueden unirse en una estructura conceptual mayor.

A su vez los conceptos que constituyen la población de conceptos –el contenido intelectual de la disciplina científica– y que se expresan lingüísticamente mediante proposiciones son las unidades de replicación –los *replicadores*– y, por ende, también las unidades de variación<sup>255</sup>. Tales proposiciones, que explicitan los

<sup>255</sup> Los conceptos se explicitan mediante enunciados o proposiciones como ya indicamos.

conceptos en una población conceptual propia de una disciplina científica, son pues las unidades de acción correspondientes a la función de *variación-replicación-expresión* en el ámbito del desarrollo de la ciencia. El proceso de ideación es el que da origen a nuevos conceptos y, con ello, a nuevas proposiciones que entran a habitar la población conceptual existente en una disciplina científica<sup>256</sup>. Traigamos a colación, como ejemplo, el concepto de “campo” introducido –imaginado– por el físico inglés Michael Faraday para explicar la inducción electromagnética. Este concepto definido posteriormente de manera rigurosa por James Clerk Maxwell entró a formar parte de la población conceptual de las ciencias físicas y, posteriormente, se convirtió en un concepto clave de la estructura axiomática tanto de la Teoría Electromagnética como de la Relatividad General.

Antes de seguir adelante, definiremos un *proyecto científico* como el conjunto de actividades, personas y recursos que intervienen en el desarrollo de una teoría científica que lleve a una mejor comprensión de algún aspecto de la realidad y, en la mayoría de los casos, de aplicaciones prácticas de tal teoría. Por ejemplo, el proyecto de lograr una teoría que abarque tanto los fenómenos del macrocosmos, hoy explicados por la Teoría de la relatividad general de Einstein, como los fenómenos del microcosmos que son explicados por la mecánica cuántica es un caso claro de proyecto científico. La Teoría de Cuerdas y las teorías de la Gran Unificación son candidatos para lograr este cometido. También puede tener como objetivo la corroboración de los pronósticos de una teoría existente<sup>257</sup>. Pueden darse en ciencia casos híbridos de pro-

<sup>256</sup> Algunos autores han desarrollado, con base en el concepto de meme, toda una reflexión teórica –que se ha dado en llamar *memética*– sobre cómo estos principios surgen y se replican al interior de una comunidad lingüística en una disciplina científica o, en general, en la cultura (Distin 2005), (Dennett 335). De todas maneras, tales reflexiones están sujetas actualmente a intenso debate (Sperber 163) y nosotros no entraremos en él en este libro.

<sup>257</sup> Dos ejemplos clásicos de esta finalidad de un proyecto fueron el experimento de Michelson y Morley que tuvo como objetivo examinar la

yectos tanto teóricos como experimentales. El Proyecto Manhattan, mediante el cual se desarrolló la bomba atómica de fisión nuclear, fue un proyecto de este tipo. Contribuyó al desarrollo de la estructura teórica necesaria en mecánica cuántica y aprovechó este desarrollo en la aplicación práctica letal que todos conocemos<sup>258</sup>.

A través de un proyecto científico teórico, bajo unos principios disciplinarios, se logra la integración, en un sistema –una estructura conceptual–, de un conjunto de conceptos existentes, previamente independientes en una población conceptual, tanto como de conceptos nuevos surgidos en el mismo proyecto. Este sistema constituye la estructura axiomática de la teoría a partir de la cual se deduce todo el cuerpo teórico de la misma. Todos estos conceptos expresados, como ya dijimos, mediante proposiciones. La teoría científica es entonces la expresión, mediante redes de proposiciones lógicamente conectadas, de este sistema conceptual y, por ende, el producto del proyecto científico teóri-

---

hipótesis de la existencia del éter lumínico predicho por la Teoría electromagnética de Maxwell y los experimentos en el gran colisionador de hadrones del CERN para someter a examen la existencia del bosón de Higgs; este último amenamente descrito en el libro de divulgación científica *La partícula divina* de Leon Lederman y Dick Teresi.

<sup>258</sup> Hasta principios del siglo XX los proyectos de estructuración de teorías científicas de carácter deductivo eran, en la mayoría de los casos, desarrollados por un solo hombre (Newton, Maxwell, Lamarck, Darwin, Einstein); sin embargo, con el advenimiento de la industrialización a gran escala y de las necesidades militares, surgió la denominada tecnociencia (cfr Echeverría *La revolución tecnocientífica* 2003) en la que los desarrollos teóricos son un medio no solo para comprender mejor nuestro mundo sino (y principalmente) para lograr innovaciones tecnológicas de gran impacto económico y social (o militar). A este nivel, las teorías científicas ya no son más el desarrollo de un solo hombre sino el producto colectivo de científicos de distintas disciplinas que conforman grupos de investigación interactuantes, pertenecientes tanto a la empresa privada como a las universidades y a los gobiernos y que se organizan en proyectos de investigación, no solo básica sino también aplicada, y en proyectos de desarrollo de aplicaciones prácticas de esas investigaciones.

co. Por lo tanto, el proyecto científico teórico es básicamente un proceso ontogenético que *da a luz una representación del mundo*; es decir, realiza la “expresión” en la función compleja *variación-replicación-expresión*. Resumiendo, tanto los nuevos conceptos de la población de conceptos de una disciplina científica como las construcciones teóricas en tal disciplina surgen a partir de la dinámica propia del ecosistema intelectual interno de la disciplina mediante los proyectos científicos. Este ecosistema es, como antes dijimos, el estructurador cognoscitivo.

Por otro lado, en los términos que venimos trabajando, la teoría científica, resultado de este proceso ontogenético, es un interactivo –el ensayo que produce la disciplina científica para interactuar efectivamente con su entorno– por lo que la teoría desarrolla la función de *interacción* en nuestro esquema del doble ciclo de aprendizaje. Esta interacción se produce cuando las predicciones de la teoría se contrastan con el mundo natural mediante la observación sistemática o el experimento. La teoría como interactivo es la *unidad de acción* relativa a esta función.

Haciendo referencia al diagrama de la Figura 5.2., el sistema cognoscente autónomo que es, en este caso, la disciplina científica, transita, durante su desarrollo, por ambos ciclos del Doble ciclo de aprendizaje. Transita por el ciclo simple cuando la disciplina se encuentra en su período estable –el período de ciencia normal– en el que la actividad se concentra en afinar la eficiencia del paradigma resolviendo los enigmas existentes –en el sentido de Kuhn, como fue el caso de la falta de ajuste de la órbita de Urano a las predicciones de la mecánica newtoniana– y mejorando, de manera acumulativa, las estructuras teóricas para adaptarlas como representaciones más precisas del mundo que buscan describir. Esto último fue lo que hicieron D’Alembert, Lagrange y Laplace con la teoría de Newton. Transita, por otra parte, por el ciclo doble cuando las discrepancias con relación a las expectativas aceptadas –mismatches– son tan grandes que no hay manera de vencerlas con el paradigma existente. Entra entonces la ciencia en un período de transición o de *nebulosidad intrínseca* en términos toulminianos –la crisis de los fundamentos– en el que la disciplina se reestructura tan profundamente que, al salir de ese período de

transición, la perspectiva con la que se mira el mundo es completamente distinta. El cambio aquí no es acumulativo sino disruptivo, tanto en lo que Toulmin llama los *principios disciplinarios* y los objetivos intelectuales como en los principios teóricos básicos.

Los paradigmas y teorías son constructos intelectuales cuyo cambio es un reflejo del cambio del sistema cognoscente autónomo que las produce. Es realmente este –la disciplina científica– el que cambia en su forma de comprender y representar el mundo y, de acuerdo con ello, de comportarse en él; de actuar sobre él. Este es la entidad evolutiva propiamente dicha.

Para finalizar, igual que hicimos en el capítulo 4, queremos resumir en una tabla la comparación entre una población biológica y una disciplina científica como sistemas cognoscentes autónomos. La Tabla 5.1. refleja esta comparación. En ambos casos la dinámica del doble ciclo del aprendizaje –lo que en este libro hemos llamado el *Círculo de generación de valor*– es la que genera el desarrollo del sistema cognoscente autónomo y lo convierte en una entidad histórica; en un sistema evolutivo autorreferente.

**Tabla 5.1.** Analogía entre los dominios de la evolución biológica y del desarrollo de las disciplinas científicas

Dominio	Evolución biológica	Desarrollo científico
<b>Sistema cognoscente autónomo</b>	Población biológica	Disciplina científica
<b>Estructura cognoscitiva</b>	Genoma de la población	Población de conceptos ligados por principios disciplinarios y por principios teóricos básicos
<b>Proceso</b>	<b>Unidad de acción</b>	
<b>Variación-Replicación-Expresión</b>	Gen	Conceptos en la población de conceptos
<b>Interacción</b>	Organismo individual	Teoría científica
<b>Registro-Estructuración cognoscitiva-Propagación</b>	Población biológica	Ecosistema interno de conocimiento de la disciplina científica

## Conclusiones y posibles líneas de investigación futura

Los sistemas cognoscentes autónomos son un tipo especial de sistemas que surge solo a partir de la aparición de la vida sobre la tierra. El Cosmos está plagado de fenómenos evolutivos. Las estrellas individuales evolucionan a través de un proceso que las lleva desde nubes informes de gas hasta supernovas y agujeros negros. También las galaxias evolucionan conformando sus estructuras –espirales, elípticas, irregulares– de mil formas distintas. A otro nivel, la corteza terrestre se pliega y repliega durante eones, construyendo, capa sobre capa, un libro que para los entendidos cuenta la historia geológica de nuestro planeta y una roca de uranio se va transformando en plomo con el tiempo en una transmutación natural como nunca la soñaron los antiguos alquimistas. El mismo cosmos como tal, es un sistema evolutivo que, en 13.800 millones de años ha producido toda la diversidad de estructuras que observamos y cuya explicación se convirtió en el problema que desveló a los antiguos filósofos jónicos. Pero de todos estos sistemas evolutivos solo los sistemas que surgen cuando aparece la vida son lo que hemos llamado sistemas cognoscentes autónomos. Solo ellos tienen la propiedad del cambio autorreferente no determinístico a partir de la interacción con un entorno.

Los sistemas que investigamos en este libro, las poblaciones biológicas, las organizaciones humanas y, dentro de ellas, las disciplinas científicas, son precisamente este tipo de sistemas surgidos del fenómeno vital. Sobre esos tres sistemas pudimos identificar los elementos cuya relación intercausal produce el patrón de desarrollo del conocimiento que se basa, como mostramos, en un ciclo doble

de aprendizaje y que hemos bautizado como Ciclo de generación de valor. Popper lo intuyó y su esquema tetrádico resume, de una manera admirable, la dinámica de ese desarrollo. Sin embargo, nuestro aporte va en el sentido de detallar mejor esa dinámica, ese patrón de cambio y es, en ese sentido, que se orienta nuestra reformulación del esquema popperiano. Partimos de esa intuición del filósofo austriaco, pero nos apoyamos también en el aporte de otros filósofos y científicos que pensaron y trabajaron ese problema así como en desarrollos teóricos como los que ha logrado la biología evolutiva del desarrollo conocida como EVO-DEVO.

Consideramos también que puede explorarse la aplicación del modelo aquí propuesto para describir la dinámica del cambio en otros fenómenos que, igualmente surgidos del fenómeno vital, van evolucionando con el tiempo. Las siguientes preguntas pueden dar lugar a líneas de trabajo en este sentido.

En el ámbito de la tecnología, ¿cómo se produce el desarrollo tecnológico? La tecnología es un producto humano que, igual que la ciencia, se ha venido desarrollando y haciendo más compleja y más amplia en sus alcances desde sus humildes inicios cuando algunos ancestros del hombre lograron el control del fuego o iniciaron la talla de la piedra, el hueso o la madera. ¿Es ese desarrollo acumulativo? ¿Puede hablarse de progreso en la tecnología? ¿Puede caracterizarse ese desarrollo con el modelo del Ciclo de generación de valor que presentamos en este libro?

En el ámbito de los organismos individuales, ¿puede describirse el aprendizaje que logran, mediante la experiencia, algunos organismos con sistema nervioso usando el concepto del Ciclo de generación de valor que postulamos en este libro? Esta clase de organismos desarrolló un cerebro que les permite responder *cambiando en tiempo real* frente a cambios en su entorno. Al cambiar sus comportamientos aumentan sus probabilidades de supervivencia ya que, en general, los que mueren son esos comportamientos y no los organismos.

Por otro lado, ¿puede caracterizarse una comunidad bacteriana –un ecosistema bacteriano– compuesta por cepas de diferentes

bacterias como un Sistema cognoscente autónomo? Sabemos que, como lo indican Lynn Margulis y Dorion Sagan (*cf.*: 101-110), en estas comunidades se presenta el aprendizaje vía el fenómeno de la transgénesis por medio del cual unas bacterias adquieren, a través de porciones de ADN que son transferidas desde otras bacterias, un “conocimiento” del entorno que puede ayudar a su supervivencia y reproducción exitosa.

De manera similar al caso anterior cabe preguntarse, ¿puede una comunidad vegetal compuesta por plantas de distintos tipos comportarse como un sistema cognoscente autónomo? Se sabe que, ante un ataque de organismos depredadores, las plantas, en un área determinada, se envían señales químicas que transmiten la información de alarma y, como resultado, por ejemplo, se incrementa el nivel de toxinas en las hojas de las distintas plantas de la comunidad, así sean de diferentes especies<sup>259</sup>. De igual manera, ¿podría considerarse todo un ecosistema, geográficamente localizado, como un sistema evolutivo autorreferente? En caso de serlo, ¿bajo qué condiciones debería hacerse tal consideración?

Tratamos aquí la evolución de la ciencia que es una expresión cultural. Pero ¿qué podría decirse sobre la evolución de la cultura en general? ¿Evoluciona esta, incluida la cultura en especies animales superiores, con la dinámica descrita en este libro? Richard Dawkins refiere, en su libro *El gen egoísta*, la experiencia que tuvo el etólogo neozelandés Paul F. Jenkins sobre la evolución del repertorio de cantos en pájaros paseriformes de Nueva Zelanda. Estos cantos son heredados culturalmente de padres a hijos. En una de las islas donde Jenkins estudió el fenómeno, encontró que existía inicialmente un repertorio de nueve canciones. Sin embargo, durante su permanencia en la isla, tuvo la oportunidad de presenciar el invento de nuevas canciones cuando un pájaro joven cometía un error al tratar de imitar una de las canciones existentes. Dawkins describe esta experiencia de Jenkins así:

<sup>259</sup> Sobre la capacidad de las plantas de interactuar activamente con su entorno puede consultarse el interesante libro de biólogo inglés Enrico Coen *De las células a las civilizaciones* (152).

Se ha demostrado que surgen nuevas formas de canciones ya sea por el cambio de tono de una nota, por repetición de una nota, omisión de notas y combinación de partes o trozos de otras canciones existentes... La aparición de la nueva forma se producía abruptamente y el producto era bastante estable durante un período de años. Más adelante, en cierto número de casos, la variante era transmitida con precisión en su nueva forma a jóvenes reclutas, de manera que se desarrollaba un grupo coherente y reconocible de cantores (282).

¿No se nos parece lo anterior a lo que sucede en las cadenas de información genética con los “errores” que se cometen durante la replicación? ¿Podría decirse algo similar con relación a la evolución del lenguaje humano o con relación a la evolución de la moda?

En otra línea posible de investigación, ¿puede considerarse la evolución de vida artificial –simulación de la vida en un computador– bajo los criterios del modelo propuesto en este libro? ¿Puede analizarse este tipo de evolución como la evolución de una población de programas informáticos que compiten entre sí en un espacio virtual? ¿Puede la Inteligencia Artificial crear sistemas cognoscentes autónomos no basados en la biología?

Estas y muchas otras preguntas podrían ser consideradas bajo la plataforma conceptual desarrollada en el presente libro. Quedará para futuros proyectos de investigación explorar algunas de estas cuestiones. Lo que es importante recalcar aquí es que la reflexión filosófica en el ámbito de la filosofía de la Biología, puede no solo aportar a la crítica racional sistemática que defendió Popper, con miras a apoyar el proceso de selección interna de teorías, sino también establecer conexiones entre diferentes ámbitos del conocer humano para iluminar fenómenos análogos u homólogos que, conocidos y descritos en un ámbito, puedan servir para entender otros fenómenos en ámbitos distintos y aparentemente alejados entre sí. Este libro es un ejemplo de lo que puede ser este aporte de la filosofía al desarrollo de la ciencia. Por último, la reflexión filosófica puede servir de faro para iluminar los posibles caminos que podría recorrer la ciencia a partir de su estado actual;

qué preguntas se pueden plantear, qué posibles respuestas esperar y bajo qué condiciones esperarlas.

Esperamos que nuestro trabajo, aquí presentado, pueda servir de base para vislumbrar otros posibles caminos de desarrollo; que sea una plataforma desde la cual puedan plantearse otras preguntas y explorarse otras posibilidades y que los conceptos aquí definidos puedan ser útiles para posteriores investigaciones y líneas de trabajo en teoría del conocimiento, algunas de las cuales pueden surgir a partir de las preguntas planteadas en los párrafos anteriores. Pero no menos importante, consideramos que este libro puede dar luz a los líderes empresariales para que puedan entender sus empresas como lo que son, sistemas cognoscentes autónomos y, a partir de este entendimiento enfocar sus acciones en fortalecer el ecosistema intelectual interno de su organización para poder enfrentar con mayor probabilidad de éxito las incertidumbres y retos que plantea el entorno en el que están inmersas.

## Bibliografía

- Aczel, Amir. *Entrelazamiento*. Barcelona: Editorial Crítica, 2012.
- Aldrich, Howard et al. *In Defense of Generalized Darwinism*. Hertfordshire: N.p., 2008.
- Alphin, Elaine Marie. *Germ Hunter. A Story about Louis Pasteur*. Minneapolis, MN: Carolrhoda Books, Inc., 2003.
- Altshuller, Genrich. *And Suddenly the Inventor Appeared*. Worcester, MA: Technical Innovation Center, 1996.
- Aracil, Javier. *Introducción a La Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1978.
- Arana, Juan. “La Doble Significación Científica Y Filosófica de La Evolución Del Concepto de Fuerza de Descartes a Euler.” *Anuario filosófico* 20.1 (1987): 9–42.
- Argyris, Chris. *On Organizational Learning*. Ed. 2°. Oxford, England: Blackwell Publishing, 1999.
- . “Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making.” *Administrative Science Quarterly* 21.3 (1976): 363–375.
- Argyris, Chris, Robert Putnam, and Diana McLain. *Action Science. Concepts, Methods and Skills for Research and Intervention*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Inc, 1985.

- Argyris, Chris, and Donald Schön. *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1978.
- Aristóteles. *Metafísica*. 1°. Madrid: Editorial Gredos, S.A., 1994.
- Audesirk, Teresa, and Gerald Audesirk. Biología. *La Vida En La Tierra*. 4°. Naucalpan de Juárez: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1997.
- Baldwin, James. "A New Factor in Evolution." *American naturalist* 30.354 (1896): 441–451, 536–553.
- Bateson, Gregory. *Pasos Hacia Una Ecología de La Mente*. Buenos Aires: Editorial Lohlé-Lumen, 1998.
- . *Steps to an Ecology of Mind*. 2°. Northvale, NJ: Jason Aronson, Inc., 1987.
- Beinhocker, Eric. "On the Origin of Strategies." *The McKinsey Quarterly* 4 (1999): 167–176.
- Bergh, Jeroen van den, and Sigrid Stagl. "Coevolution of Economic Behaviour and Institutions: Toward a Theory of Institutional Chance." *Journal of Evolutionary Economics* 13.3 (2003): 289–317.
- Bertalanffy, Ludwig Von. *Teoría General de Los Sistemas*. México, D. F.: Fondo de cultura económica, 1976.
- Bickhard, Mark, and Donald Campbell. "Variation in Variation and Selection." *Foundation of Science* 8 (2003): 215–282.
- Birkett, P. et al. "Animal Perception of Seasonal Thresholds: Changes in Elephant Movement in Relation to Rainfall Patterns." *PloS ONE*. N.p., 2012. Web. 26 July 2016.
- Bloor, David. *Knowledge and Social Imagery*. London: Routledge & Kegan Paul Ltd, 1976.
- Bradie, Michael. "Una Evaluación de La Epistemología Evolucionista." *Epistemología Evolucionista*. Ed. Sergio Martínez and León Olivé. México, D. F.: Paidós, 1997. 243–284.
- Brandom, Robert. *Making It Explicit*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1998.
- Burgelman, Robert. "Intraorganizational Ecology of Strategic Making and Organizational Adaptation." *Organization Science* 2.3 (1991): 239–262.
- Campbell, Donald. "Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems." *Studies in the Philosophy of Biology*. Ed. Francisco Ayala and Theodosius Dobzhansky. Berkeley, CA: University of California Press, 1974. 179–186.
- . "Epistemología Evolucionista." *Epistemología Evolucionista*. Ed. Sergio Martínez and León Olivé. México D. F.: UNAM - Paidós, 1997. 43–103.
- Canales, Jimena. *The Physicist and the Philosopher*. Princeton: Princeton University Press, 2015.
- Coen, Enrico. *De Las Células a Las Civilizaciones*. Barcelona: Editorial Planeta S. A., 2013.
- Coleman, Henry. "What Enables Self-Organizing Behavior in Businesses." *Emergence: Complexity and Organization* 1.1 (1999): 33–48.
- Collins, James, and Jerry Porras. *Empresas Que Perduran*. Principios Exitosos de Compañías Triunfadoras. Bogotá, D.C.: Editorial Norma S. A., 1995.
- Crick, Francis. "Central Dogma of Molecular Biology." *NATURE* 227. August 8 (1970): 561–563.
- Darwin, Charles. *El Origen de Las Especies*. 5th ed. Barcelona: Editorial Bruguera, S. A., 1976.
- Dawkins, Richard. *El Gen Egoísta*. Barcelona: Salvat editores S. A., 1985.

- Del Pozzo, Walter. "Testing General Relativity." *LIGO Magazine* 3.8 (2016): 28.
- Dennett, Daniel. *Darwin's Dangerous Idea*. London: Penguin Book Ltd, 1996.
- Dewey, John. *Democracy and Education*. Delhi, India: AAKAR BOOKS, 2004.
- . *Experience and Education*. New York, NY: Simon & Schuster Inc., 1997.
- Dick, Bob, and Tim Dalmau. "Argyris and Schön: Some Elements of Their Model." [www.scu.edu.au/schools](http://www.scu.edu.au/schools). N.p., 2000.
- Distin, Kate. *El Meme Egoísta*. Barcelona: Ediciones de intervención cultural/Biblioteca Buridán, 2011.
- Echeverría, Javier. *La Revolución Tecnocientífica*. Madrid: Fondo de cultura económica, 2003.
- Einstein, Albert. *Relativity. The Special and the General Theory*. London, UK: Routledge, 2001.
- Einstein, Albert, and Max Born. *The Born-Einstein Letters*. London, UK: The MacMillan Press Ltd., 1971.
- Emerson, Alfred E. et al. *Principles of Animal Ecology*. Philadelphia, PA: W. B. Saunders company, 1969.
- . "The Evolution of Adaptation in Population Systems." *Evolution after Darwin*. Ed. Sol Tax. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 1960. 307–348.
- Ever, Colin. "Lifelong Learning and Knowledge. Towards a General Theory of Professional Inquiry." *Philosophical Perspectives on Lifelong Learning*. Ed. David Aspin. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2007. 173–188.
- Fernández, R., I. Mezquita, and J. Maguregi. "Primeras Citas de Araschnia Levana." *Heteropterus Revista de Entomología* 9.1 (2009): 57–59.

- Frankenberg, Günter. "Teoría Crítica." *Academia. Revista sobre la enseñanza del derecho* 9.17 (2011): 67–84. Web.
- Galindo, Carlos, and Eduardo Rendón. *Danaidas: Las Maravillosas Mariposas Monarca*. México, D. F.: WWF México-Telcel, 2005.
- Galison, Peter. *Image and Logic*. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 1997.
- . *Relojes de Einstein, Mapas de Poincaré*. Barcelona: Crítica, 2005.
- García, Rolando. *El Conocimiento en Construcción*. 1st ed. Barcelona: Editorial Gedisa, 2000.
- García, Tomás. "Evolucion, Desarrollo Y (Auto)organización. Un Estudio Sobre Los Principios Filosóficos de La Evo-Devo." *Universidad del País Vasco*, 2005.
- Getz, Isaac, and Alan Robinson. *Tus Ideas Lo Cambian Todo. El Secreto Del Éxito Sostenible*. México, D. F.: Editorial Alfaomega, 2005.
- Giménez, Gilberto. "La Cultura Como Identidad Y La Identidad Como Cultura." *Instituto de Investigaciones Sociales UNAM*. N.p., 2003. Web. 16 July 2016.
- . *Materiales Para Una Teoría de Las Identidades Sociales*. México, D. F.: N.p., 1997.
- Glock, Hans-Johann. *¿Qué Es La Filosofía Analítica?* Madrid: Editorial Tecnos, 2012.
- Goldschmidt, Richard. *The Material Basis of Evolution*. New Haven: Yale University Press, 1940.
- Gould, Stephen Jay. *La Estructura de La Teoría de La Evolución*. 2°. Barcelona: Tusquets Editores, S.A., 2004.
- Grassé, Pierre. *Evolución de Lo Viviente*. 2nd ed. Madrid: Hermann Blume, 1984.

- Gribbin, John. *Historia de La Ciencia 1543 - 2001*. Barcelona: Editorial Crítica, 2003.
- Hayek, Friedrich. *Studies in Philosophy, Politics and Economics*. London, UK: Routledge & Kegan Paul Ltd, 1967.
- Haynes, Warren, and Joseph Massie. *Management*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall, 1961.
- Hendry, Andrew et al. "Evolutionary Principles and Their Practical Application." *Evolutionary applications* 4 (2011): 159–183.
- Hodgson, Geoffrey. "How Veblen Generalized Darwinism." *Journal of economic issues* 42.2 (2008): 399–405.
- Hodgson, Geoffrey, and Thorbjorn Knudsen. "The Firm as an Interactor." *Journal of Evolutionary Economics* 14.3 (2004): 281–307.
- Hull, David. *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- . *Science as a Process*. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 1988.
- Jablonka, Eva, and Marion Lamb. "Changing Concept of Epigenetics." *Annals of the New York Academy of Sciences* 981 (2002): 82–96.
- . *Epigenetic Inheritance and Evolution*. New York, NY: Oxford University Press, 1995.
- Jung, Carl G. *Arquetipos E Inconsciente Colectivo*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 2009.
- Kim, W. Chan, and Renée Mauborgne. *La Estrategia Del Océano Azul*. Bogotá, D.C.: Editorial Norma S. A., 2008.
- Kluge, Arnold. "Species as Historical Individuals." *Biology and Philosophy* 5.4 (1990): 417–431.

- Lakatos, Imre. *Historia de La Ciencia Y Sus Reconstrucciones Racionales*. 2°. Madrid: Editorial Tecnos, 1987.
- . *La Metodología de Los Programas de Investigación Científica*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1989.
- . *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers Volume I*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989.
- Larson, Edward. *Evolución*. Barcelona: Random House Mondadori, S. A., 2006.
- Lederman, Leon, and Dick Teresi. *La Partícula Divina*. Barcelona: Crítica, 1996.
- Lewontin, Richard. "The Units of Selection." *Annual Review of Ecology and Systematics* 1 (1970): 1–18.
- Lorenz, Konrad. *La Otra Cara Del Espejo*. Barcelona: Plaza & Janes Editores, S. A., 1985.
- Lovelock, James. *GAIA Una Nueva Visión de La Vida Sobre La Tierra*. Madrid: Hermann Blume, 1983.
- Lowry, Richard. *The Evolution of Psychological Theory*. 2nd ed. Hawthorne, NY: Aldine de Gruyter, 1982.
- Macía, Rafael. *La Selección Racional Del Conocimiento*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas, 2006.
- Margulis, Lynn, and Dorion Sagan. *Microcosmos*. 2°. Barcelona: Tusquets Editores, S.A., 2001.
- Marques-Bonet, Tomas et al. "A Burst of Segmental Duplications in the Genome of the African Great Ape Ancestor." *NATURE* 457.7231 (2009): 877–881.
- Maturana, Humberto, and Francisco Varela. *De Máquinas Y Seres Vivos*. 3°. Santiago de Chile: Editorial universitaria S. A., 1995.

- *El Árbol Del Conocimiento*. Santiago de Chile: Editorial universitaria S. A., 2003.
- Mejía, Jorge. *Lógica, Evolución Y Ontología*. Bogotá: San Pablo, 2009.
- Mintzberg, Henry. *Tracking Strategies Towards a General Theory of Strategy Formation*. New York: Oxford University Press, 2007.
- Mintzberg, Henry, and James Waters. “Of Strategies, Deliberate and Emergent.” *Strategic Management Journal* 6.3 (1985): 257–272.
- Mishler, Brent. “Species Are Not Uniquely Real Biological Entities.” *Contemporary Debates in Philosophy of Biology*. Ed. Francisco Ayala and Robert Arp. Oxford, England: John Wiley & Sons, Ltd., 2010. 110–122.
- Monod, Jacques. *El Azar Y La Necesidad*. Barcelona: Ediciones Orbis S. A., 1986.
- Montenegro, Álvaro. “Información Y Entropía En Economía.” *Revista de economía institucional* 13.25 (2011): 199–221.
- NASA. *Actions to Implement the Recommendations of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident*. Washington, DC: N.p., 1986.
- Nelson, Richard, and Sidney Winter. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.
- Nonaka, Ikujiro, and Hirotaka Takeuchi. *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford, England: Oxford University Press, 1999.
- Pelikan, Pavel. *How to Generalize Darwinism Suitably to Help Understand Both the Evolution and the Development of Economies*. Jena, Germany: N.p. Web. ISSN 1430-4716.
- Piaget, Jean. *La Psicología de La Inteligencia*. Barcelona: Editorial Crítica, 1999.
- Plese, Tinka. *Los Perezosos No Son Osos*. Medellín, Colombia: Fundacion AIUNAU, CVS, 2014.
- Polanyi, Michael. “Life’s Irreducible Structure.” *Science* 160. June 21 (1968): 1308–1312.
- *The Tacit Dimension*. Garden City, NY: Anchor books, 1967.
- Popper, Karl. *A World of Propensities*. Bristol, UK: Thoemmes Press, 1995.
- *Búsqueda Sin Término*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 2002.
- *Conjeturas Y Refutaciones*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1983.
- *Conocimiento Objetivo* 4° Ed. 4th ed. Madrid: Editorial Tecnos, 1992.
- *Conocimiento Objetivo* 5° Ed. 5th ed. Madrid: Editorial Tecnos, 2007.
- *El Cuerpo Y La Mente*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1997.
- *El Mito Del Marco Común*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 2005.
- *La Lógica de La Investigación Científica*. Madrid: Editorial Tecnos, 1980.
- “La Racionalidad de Las Revoluciones Científicas.” *Teorema* 13.1–2 (1983): 109–140.
- “Natural Selection and the Emergence of Mind.” *Dialéctica* 32.3–4 (1978): 339–355.
- *Objective Knowledge*. Revised ed. New York, NY: Oxford University Press, USA, 1979.

- *Quantum Theory and the Schism in Physics. Postscript to the Logic of Scientific Discovery*. Volume III. Ed. W. Bartley. Totowa, N.J.: Rowand and Littlefield, 1982.
- *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge, 2002.
- *The Poverty of Historicism*. Boston, MA: The Beacon Press, 1957.
- *Unended Quest*. London: Routledge, 2005.
- Popper, Karl, and John Eccles. *El Yo Y Su Cerebro*. 2°. Barcelona: Editorial Labor S. A., 1993.
- *The Self and Its Brain*. New York, NY: Springer-Verlag, 1977.
- Porter, Michael E. *Competitive Advantage*. New York, NY: The Free Press, 1998.
- Prahalad, Coimbatore, and Venkat Ramaswamy. *El Futuro de La Competencia*. Barcelona: Planeta, 2004.
- Ruiz-Mirazo, Kepa, Juli Peretó, and Álvaro Moreno. “A Universal Definition of Life: Autonomy and Open-Ended Evolution.” *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 34.3 (2004): 323–346.
- Ruse, Michael. “Karl Popper’s Philosophy of Biology.” *Philosophy of Science* 44.4 (1977): 638–661.
- *Tomándose a Darwin En Serio*. Barcelona: Salvat editores S. A., 1987.
- Scholz, Erhard. “Gauss, El ‘gran Triángulo’ y Los Fundamentos de La Geometría.” *La gaceta de la RSME* 8.3 (2005): 683–712.
- Schön, Donald. *The Reflective Practitioner*. New York, NY: Basic Books, 1983.
- Schumpeter, Joseph. *Capitalism, Socialism and Democracy*. London, UK: Routledge, 2003.

- Senge, Peter. *La Quinta Disciplina. El Arte Y La Práctica de La Organización Abierta Al Aprendizaje*. Barcelona: Granica S.A., 1995.
- Simon, Herbert. *The Science of the Artificial*. 3°. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1996.
- Simpson, George Gaylord. *El Sentido de La Evolución*. 2°. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1963.
- “The Baldwin Effect.” *Evolution* 7.2 (1953): 110–117.
- Smith, M. K. “Chris Argyris: *Theories of Action, Double-Loop Learning and Organizational Learning*.” *The encyclopedia of informal education*. N.p., 2001. Web.
- Sober, Elliot. *Philosophy of Biology*. 2°. Boulder, CO: Westview Press, 2000.
- Sober, Elliot, and David Wilson. “A Critical Review of Philosophical Work on the Units of Selection Problem.” *Philosophy of Science* 61.4 (1994): 534–555.
- Sperber, Dan. “An Objection to the Memetic Approach to Culture.” *Darwinizing Culture: The Status of Memetics as a Science*. Ed. Robert Aunger. Oxford, England: Oxford University Press, 2000. 162–173.
- Sterman, John D. *Business Dynamics. Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin, 2000.
- Stoelhorst, Jan, and A Huizing. *The Firm as a Darwin Machine: An Evolutionary View of Organizational Knowledge and Learning*. Amsterdam: N.p., 2006. Web.
- Thompson, William Irwin. “Las Implicaciones Culturales de La Nueva Biología.” *GAIA. Implicaciones de La Nueva Biología*. Ed. William Irwin Thompson. 5°. Barcelona: Editorial Kairós, S.A., 2009.

- Toulmin, Stephen. *La Comprensión Humana*. Madrid: Alianza Editorial, 1977.
- “The Evolutionary Development of Natural Science.” *American scientist* 55.4 (1967): 456–471.
- Varela, Francisco. *El Fenómeno de La Vida*. 2°. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones S.A., 2002.
- “Haciendo Camino Al Andar.” GAIA. Implicaciones de La Nueva Biología. Ed. W. I. Thompson. 5°. Barcelona: Editorial Kairós, S.A., 2009.
- Veblen, Thorstein. “Why Is Economics Not an Evolutionary Science?” *The Quarterly Journal of Economics* 12 (1898): 296–303.
- Vélez, Antonio. “La Física Y El Mundo Maravilloso de Los Seres Vivos.” *Hablemos de Física*. Ed. Lorenzo De la Torre. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 1987. 83–118.
- Waddington, Conrad. *The Nature of Life*. London: George Allen & Unwin Ltd., 1961.
- Weismann, August. *The Germ-Plasm A Theory of Heredity*. New York, NY: Charles Scribner’s sons, 1893.
- Wenger, Etienne, Richard McDermott, and William Snyder. *Cultivating Communities of Practice*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2002.
- Witze, Alexandra. “Milky Way’s Black Hole Provides Long-Sought Test of Einstein’s general Relativity.” *NATURE* 560.7716 (2018): n. pag. Web.
- Wittgenstein, Ludwig. *Investigaciones Filosóficas*. Barcelona: Ediciones Altaya, S. A., 1999.
- Woo, David. “Changing the Learnin Space: An Incremental, Popperian Approach.” *Proceedings from the CITE Research Symposium (CITER 2011)*. Hong Kong: University of Hong Kong, 2011.
- Wright, Sewall. “The Roles of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding and Selection in Evolution.” *Proceedings of The Sixth International Congress of Genetics* 1 (1932): 356–366.
- Wuketits, Franz. “Evolution as a Cognition Process: Towards an Evolutionary Epistemology.” *Biology and Philosophy* 1.2 (1986): 191–206.
- Wynne-Edwards, Vero Copner. *Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour*. New York, NY: Hafner Publishing Company, 1962.



### SU OPINIÓN



Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos. Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57)(4) 354 4565 o vía e-mail a [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co). Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, e-mail y número telefónico.

La obra se propone reformular la teoría popperiana del desarrollo del conocimiento científico, sintetizada en su esquema tetrádico, para lo cual plantea un modelo, en el marco de la epistemología evolucionista, basado en la teoría del aprendizaje de Chris Argyris y Donald Schön. Este modelo se aplica a la descripción de la dinámica del cambio (estabilidad, innovación) no solo en la ciencia sino también en la evolución biológica y, como un aporte no considerado por Popper, se extiende y aplica a describir la dinámica del desarrollo del conocimiento en las organizaciones humanas y, particularmente, en las empresas productivas. Para ello precisa conceptos existentes y define nuevos conceptos, el principal de los cuales es el de Sistema Cognoscente Autónomo que es una variación del concepto de Sistema Complejo Adaptativo usado en la Teoría de la Complejidad. La obra devela pues una pauta común de cambio en sistemas tan disímiles como las disciplinas científicas, los sistemas biológicos y las organizaciones empresariales humanas.

Esta obra se publicó en archivo digital en el mes de diciembre de 2018.

