

DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO
UN ESTUDIO DESDE LOS SISTEMAS COGNOSCENTES
AUTÓNOMOS A PARTIR DEL MODELO POPPERIANO DE
EVOLUCIÓN DE TEORÍAS CIENTÍFICAS POR SELECCIÓN

IVÁN DARÍO PARRA MESA

Tesis para optar al título de Doctor en Filosofía

Asesor

PhD. JORGE ANTONIO MEJÍA ESCOBAR

Doctor en Filosofía

Pontificia Universidad Gregoriana

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE TEOLOGÍA FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
FACULTAD DE FILOSOFÍA
DOCTORADO CIVIL EN FILOSOFÍA
MEDELLÍN

2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Medellín a los ____ días del mes de _____ de 2016

A mi esposa Soledad y a mis hijas Lina María y Estefanía por su amor incondicional

A mis padres Manuel y Alicia por hacerme lo que soy

AGRADECIMIENTOS

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

Agradezco al Padre César Augusto Ramírez Giraldo por su acompañamiento en este proyecto, por sus enriquecedoras y amenas asesorías metodológicas y por su constante preocupación sobre el avance de mi proyecto. Igualmente agradezco al profesor 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 jurados de este trabajo por sus observaciones y recomendaciones en una primera revisión del texto pues fueron muy útiles para reorganizar mis pensamientos y expresarlos en argumentos que ahora me parecen más claros y sólidos.

Por último mi total gratitud para la Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades y 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.

Contenido

Introducción.....	6
Capítulo 1. La visión popperiana sobre el desarrollo del conocimiento	18
Capítulo 2. La dinámica del aprendizaje según Chris Argyris y Donald Schön..	68
Capítulo 3. Reformulando el esquema tetrádico popperiano	102
Capítulo 4. ¿Cómo aprenden las organizaciones humanas?	142
Capítulo 5. El esquema tetrádico popperiano replanteado aplicado al ámbito del desarrollo de la ciencia.....	194
Conclusiones.....	227
Referencias	232

Introducción¹

El filósofo de la biología estadounidense David Hull expresó lo siguiente en uno de sus libros: “We are a curious species. Our chief adaptation is playing the knowledge game” (Hull, *Science and selection* 97)². El propósito de este trabajo es aportar una jugada más en el juego del conocimiento. Para ello no pretendemos analizar o interpretar el aporte de un determinado filósofo. Lo que pretendemos es mirar con otros ojos un viejo problema de la filosofía: el problema del desarrollo del conocimiento. 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. Decimos mostrar porque, como enseñaba uno de nuestros profesores, la filosofía muestra, no demuestra pues el demostrar es responsabilidad de la ciencia³.

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 posibles caminos y cruces de caminos. 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

¹ La norma de citación que hemos utilizado en este trabajo es el estándar MLA, definido por la Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades de la Universidad Pontificia Bolivariana para las tesis y trabajos de grado. En este caso, usamos la 7ª edición mediante la herramienta MENDELEY.

² “Somos una especie curiosa. Nuestra adaptación básica es la de que sabemos jugar el juego del conocimiento”.

³ 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 (Wittgenstein § 126).

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 pretendemos⁴.

Varias de las ideas que aquí se discuten y se proponen seguramente han sido tratadas por filósofos de diferentes épocas y desde distintos ámbitos de la filosofía. Sin embargo, como nos concederá el lector de este trabajo, 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, unos maestros del juego y los demás, en la medida en la que tuvimos conocimiento de ellos, nos servirán como apoyos en varios puntos del camino o como referencias para el lector o para posteriores indagaciones más allá del alcance de este trabajo.

Esto está de acuerdo 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 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. Él será quien nos guiará 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 Popper tan

⁴ 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 autopoieticos conformados no por hombres sino por comunicaciones. Sin embargo la perspectiva que consideramos en este trabajo se aleja de la perspectiva de Luhmann y, por ello, no está dentro del alcance de este trabajo.

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 falsación de una teoría científica y del historicismo, entre otros.

Plantearemos como objetivo de nuestra indagación dos tesis básicas sobre cuya defensa nos concentraremos en este trabajo. 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 de ellas, 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 Brandon en el prefacio de su libro *Making it explicit* en la que hace alusión al recorrido que el lector inicia por el edificio conceptual que ese autor presenta. “[...] starting the story with some historical lessons. Accordingly, Chapters 1 and 2 form an entrance hall to the rest of the edifice [...]” (Brandon, *Making it explicit* xii)⁵. 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 en la manera como aplicó esa misma visión para describir la naturaleza del cambio en el proceso evolutivo biológico. Describimos, de manera resumida, la ontología de su teoría del conocimiento. Hacemos esto conscientes de que existe una extensa bibliografía al respecto en la que se hace una descripción más completa y más autorizada de la génesis de la teoría popperiana del conocimiento. Incluso el mismo Popper nos cuenta en su autobiografía los pormenores del desarrollo de su pensamiento (Popper *Búsqueda sin término* 2002). 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 trabajo.

⁵ “Empecemos la historia con algunas lecciones históricas. En este sentido, los capítulos 1 y 2 serán el vestíbulo de entrada al resto del edificio [...]”.

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. 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.

Como final de nuestro paso por este amplio vestíbulo de entrada sobre la visión popperiana hacemos un conjunto de anotaciones a algunos puntos específicos de la teoría de Popper. Algunas de tales anotaciones serán discusiones críticas sobre distintos aspectos de su teoría y otras serán llamados 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 desarrollo Popper en su libro *A world of propensities* y que se convierten en conceptos clave para la argumentación que desarrollamos en defensa de nuestra primera tesis. Para terminar hacemos un resumen de los puntos que, de la teoría popperiana, nos sirven como pistas para construir el edificio conceptual que presentamos en este

trabajo. 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. 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”, haremos primero una descripción y luego un análisis de la teoría de estos dos pensadores estadounidenses en relación con el aprendizaje en las organizaciones humanas y, más específicamente, en las empresas de producción de bienes o servicios. Schön, 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 en una mirada a esta teoría. Estos principios constituyen la plataforma sobre la que Schön y su colega Chris Argyris construyeron su teoría de la acción según la cual el conocimiento práctico está en la acción misma. Esta teoría, cuyo problema de partida es encontrar la respuesta a la pregunta de cómo se da que una organización empresarial pueda aprender 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, es el elemento central de esta segunda ala de ese vestíbulo de entrada al edificio conceptual que proponemos con este trabajo. 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 de entrada con un análisis crítico de los elementos básicos que constituyen la teoría de la acción, análisis en el que hacemos contrastaciones con algunas ideas sobre el

aprendizaje aportadas por Popper. Es 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 reinterpretamos 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, igual que Popper, en un esquema o modelo que hemos denominado, tal vez ambiciosamente, el *Ciclo de generación de valor*⁶. Decimos “ambiciosamente” porque es una perspectiva, nuestra propia perspectiva, sobre el problema del desarrollo del conocimiento que confiamos presente 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:

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,

⁶ Valor entendido 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.

despite the crudity of this initial treatment, it will perhaps be a worthwhile achievement [...] (Toulmin, *The evolutionary development of natural science* 459)⁷.

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 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 Hull⁸. 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 distintos de cambio en un sistema cognoscente autónomo; cambio por *Asimilación* y cambio por *Reestructuración cognoscitiva*, el primero de los cuales, argumentamos, se da

⁷ “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 sólo 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”.

⁸ Decimos “aproximadamente” porque, de todas formas, introducimos algunas variantes a estos conceptos planteados por Hull.

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 que intentamos, tuvimos la necesidad de definir otros conceptos importantes como lo que aquí entendemos por *Información* y por *Conocimiento*. Pero vamos más allá e incorporamos al esquema anterior las unidades de acción previamente definidas con base en el aporte de David Hull. Logramos con esto interrelacionar (y ese es nuestro aporte) distintos conceptos en un patrón que refleje la dinámica del desarrollo del conocimiento propia de un sistema cognoscente autónomo. Es ese patrón al que hemos bautizado como Ciclo de generación de valor y que ejemplificamos 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, en este proceso, 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) 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 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 de nuestro trabajo. Mostramos, además, que estas organizaciones pueden generar de manera consciente la dinámica del doble ciclo del aprendizaje y, con ello, mostramos también que 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 generarse variantes con mayor posibilidad de ser seleccionadas en la interacción con el entorno. La variación no es, por tanto, (y esto parece ser una característica de la evolución cultural) ciega 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, 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 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, por tanto, a ellas se aplican consideraciones argumentales parecidas para mostrar que tales empresas son sistemas cognoscentes autónomos y que 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 trabajo⁹.

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 y Francisco Varela (*Cfr. Maturana and Varela, De máquinas y seres vivos* 1995).

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 trabajo.

⁹ 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 los llama casos nebulosos porque son problemas y situaciones en las que las reglas de juego no están establecidas.

Invitamos al lector a recorrerlo, explorarlo y contrastarlo en relación con sus propias perspectivas sobre estos asuntos.

Capítulo 1. La visión popperiana sobre el desarrollo del conocimiento

Con relación al problema filosófico de cómo se desarrolla el conocimiento y, específicamente, el conocimiento científico, el gran referente ha sido y es Karl Popper. Otros pensadores como Donald Campbell, Stephen Toulmin, Michael Ruse, David Hull y Franz Wuketits 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, 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 y sobre tales ideas identificar algunas pistas, algunos de los 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 trabajo.

El punto de partida: la actitud crítica

Para entender el aporte de Popper y la forma como podemos, con este trabajo, reformular este aporte, es conveniente describir el proceso intelectual que llevó al filósofo austriaco a construir su visión sobre la manera como 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 tomaremos como puntos de apoyo para nuestro aporte. Procederemos como el detective que, a partir de una conjetura, poco a poco va descubriendo pistas orientadas a la construcción de un caso que muestre, de manera coherente, la pertinencia de tal conjetura. Haremos eso, descubriendo en Popper algunas de las pistas que nos llevarán a mostrar la pertinencia de las tesis planteadas en este trabajo.

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 sin término* 27)¹⁰. No sabemos que 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” (*Id.* 30).

Para cuando Popper tenía unos diez y siete años se vio fuertemente influido por el pensamiento marxista, pero reaccionó, al ver la manera dogmática y acrítica con la que tanto él como sus amigos aceptaban esa ideología, y se convirtió en un crítico acérrimo de esa ideología. 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: “Sólo 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 (Popper, *Búsqueda sin término* 58).

¹⁰ 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 autodenominaba *Los monistas* y que posteriormente daría origen a la Sociedad Ernst Mach precursora del *Círculo de Viena*.

Esa diferencia entre el pensar dogmático y el pensar crítico la haría luego Popper parte esencial de su teoría del conocimiento científico.

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:

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 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 (Einstein 135)¹¹.

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, la predicción de su teoría sobre la desviación de los rayos de luz al pasar estos por las proximidades de un cuerpo masivo como el Sol. 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 sólo el hecho de la desviación sino que también midió el valor de la misma que coincidió con el predicho por Einstein (Einstein 131).

¹¹ “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. 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”.

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.

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 (Popper, *Unended Quest* 39)¹².

Es interesante anotar que Einstein no sólo propuso observaciones que pudiesen refutar sus teorías, sino que también propuso observaciones que pudiesen refutar las teorías de otros. Fue el caso de la *Paradoja EPR*¹³ 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 Einstein¹⁴. Einstein nunca aceptó la teoría cuántica y esto deja mucho que decir de su actitud científica, actitud que, con relación a la Teoría de la Relatividad tanto admiró Popper. La actitud científica no sólo pasa por proponer contrastaciones fuertes que puedan refutar una teoría sino también por ser capaz de salirse del marco de un paradigma para entender cuando la teoría falla y es necesario buscar un paradigma diferente.

¹² “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 pudiesen establecerla”.

¹³ 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.

¹⁴ Para una descripción amplia de este experimento mental y del fenómeno mecánico-cuántico respectivo se puede consultar el libro *Entrelazamiento* del matemático estadounidense Amir Aczel (Aczel 2012).

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 los hechos y a las teorías que los explican y a la forma cómo 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.

Este último punto llevó a Popper, hacia 1920, a plantear una solución al problema de la demarcación entre ciencia y no ciencia¹⁵. Tal solución, sobre la que en ese entonces no hizo ninguna publicación, consistió en aceptar como científica una teoría si ésta excluía o descartaba la ocurrencia de algunas situaciones o eventos. Es decir, la solución implica una contrastación negativa. 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. 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 teoría. 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 Popper las consideró como no científicas (pseudociencias). Incluso la teoría de la evolución

¹⁵ El filósofo inglés Stephen Toulmin considera que este criterio de demarcación popperiano no es adecuado pues sólo 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 llama de *nebulosidad intrínseca* en la que tales objetivos y principios están siendo debatidos por la comunidad científica, el criterio popperiano de demarcación no es relevante (Toulmin, *La comprensión humana* 259).

de Darwin fue incluida también en este grupo, aunque Popper luego se retractó en este caso particular¹⁶.

Posteriormente, en el volumen III de sus poscritos (postscripts en inglés) Popper introdujo el concepto de *Programa metafísico de investigación* que entendió así:

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, character (Popper, *Quantum Theory and the Schism in Physics. Postscript to the Logic of Scientific Discovery. Volume III* 31).

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 experiencia¹⁷.

Las fases popperianas en el proceso de aprendizaje

Como Popper relata en su autobiografía, fue en el período de 1922 a 1924 que él logró bosquejar los fundamentos de su teoría del conocimiento y que tuvo una mejor concreción cuando, posteriormente, trabajó en el aprendizaje de niños. De

¹⁶ Popper, en *The Poverty of Historicism* consideró 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 (Popper, *The Poverty of Historicism* 107). Una crítica bastante dura a la posición de Popper la hizo el filósofo de la ciencia inglés Michael Ruse (Ruse, *Popper's Philosophy of Biology* 1977).

¹⁷ 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 continúa vigente, aunque esté falsada según el criterio de Popper, en la medida en que siga siendo útil y aplicable a los asuntos humanos (Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers Volume I* 47). Una traducción al castellano del libro de Lakatos fue editada por Alianza Editorial (Lakatos, *La Metodología de Los Programas de Investigación Científica* 1989).

esta experiencia con los procesos de aprendizaje fue que Popper llegó a uno de los postulados básicos de su teoría: “Most (or perhaps all) learning processes consist in theory formation; that is, in the formation of expectations” (Popper, *Unended Quest* 47)¹⁸. Es esta nuestra primera pista: aprender consiste en crear expectativas. 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 la propuesta en nuestra tesis (una segunda pista en nuestro proceso): la fase dogmática en la que se hace difícil, aunque no imposible, para el sujeto cualquier tipo de corrección sobre los principios que considera válidos y la fase crítica en la cual 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* (Popper, *Unended quest* 47).

Pero más aún; Popper llegó posteriormente a la conclusión, también fundamental en nuestra tesis (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: “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” (Popper, *Unended quest* 49)¹⁹. Recordemos que un problema es la diferencia entre una expectativa que tenemos sobre el mundo y el comportamiento que ese mundo nos muestra. Pero, además, como vimos, la expectativa es (o parte de) una teoría 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

¹⁸ “La mayoría (o quizás todos) los procesos de aprendizaje consisten en formación de teoría; esto es, en la formación de expectativas”. 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.

¹⁹ “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”.

Edward Morley diseñaron, en 1887, su experimento para probar la existencia del éter luminífero²⁰, 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) para quien los ensayos que hace el organismo que aprende en esa interacción con su medio son necesariamente ciegos (Bickhard and Campbell 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 Popper lo denomina “conjetura profunda” (Popper, *Unended Quest* 49) y podríamos hacerlo equivaler 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 (*Id.* 54). En esta cooperación es claro que: “[...] 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” (*Ibid.*)²¹. Y esto lleva a que no pueda existir percepción pura (datos puros de la experiencia) como afirmaban los empiristas (la *Tabula rasa* de Hume). Sólo puede haber percepción en el contexto de intereses y expectativas, lo cual quiere decir, en el contexto de unas regularidades o leyes (un dogma) previamente establecidas. Toda observación está *viciada* (cargada) de teoría. Todo dato se convierte en información en la medida en que se presenta en un contexto determinado.

²⁰ El problema fue que la teoría electromagnética de Maxwell suponía la existencia del éter. Toda ella descansaba sobre este supuesto, pero no existía evidencia de tal existencia.

²¹ “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”.

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. La órbita de este planeta no se ajustaba a lo que indicaban las ecuaciones de Newton. Esto podría llevar a pensar en la falsación de la teoría. Aquí Popper introduce un concepto interesante; el concepto de *inmunizar* una teoría (Popper, *Unended quest* 43). Esto quiere decir que antes de desechar o falsar una teoría porque no parece corresponder con los hechos, debemos 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 de la forma percibida. El posterior descubrimiento de Neptuno corroboró tal hipótesis y la teoría quedó a salvo de ser falsada (por el momento). 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 distintas causas por las que la teoría parece no avenirse a los hechos.

Concluye Popper que "some degree of dogmatism is fruitful, even in science" (*Ibid.*). El dogmatismo (la tradición) permite ver primero los problemas como "enigmas" a resolver (en el sentido Kuhniano). Sólo 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 teoría²². Todo esto nos lleva a concluir que el criterio de falsación no puede aplicarse como un instrumento de *corte fino* y esto lleva a la construcción de un concepto de falsación más complejo sobre el que no interesa profundizar aquí pero que fue tratado con

²² Aquí estas fases en el desarrollo de la ciencia son equiparables a los tipos de ciencia definidos por Kuhn. Los enigmas necesitan hipótesis auxiliares para ser resueltos y, en cambio, las anomalías llevan a reconsiderar la teoría como un todo.

amplitud por Imre Lakatos (Cfr. Lakatos, *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales* 1987).

Popper y el Círculo de Viena

Hacia 1926 tenía Popper ya 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” (Popper, *Unended Quest* 56). Con su obra y pensamiento Popper se convirtió así, desde muy temprano en su trasegar filosófico, en un crítico de la filosofía del *Círculo de Viena* en lo que respecta a la teoría del conocimiento que el Círculo defendía, de carácter empirista (el *positivismo lógico*) y, particularmente, de la aceptación por parte de estos pensadores del inductivismo como fuente del conocimiento y de su concepción verificacionista de teorías²³. 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 1934²⁴ 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

²³ 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 y lo sitúa en los márgenes del mismo junto a Bolzano, Whitehead y el segundo Wittgenstein (Glock 35).

²⁴ Traducido en 1959 al inglés con el título *The logic of scientific discovery* y al castellano como *La lógica de la investigación científica* (Popper, *La Lógica de La Investigación Científica* 1980).

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 racionalidad²⁵.

Popper definió además cuatro formas en las que puede ser contrastada una teoría científica (Popper, *La Lógica de La Investigación Científica* 32):

1. Contrastación de la coherencia interna mediante la comparación lógica de las conclusiones de la teoría unas con otras.
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 sólo deben defender su coherencia lógica, es decir la consistencia interna entre sus axiomas y postulados. Sin embargo, se presentó un caso bien interesante con la geometría euclidiana. 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, está incluso en la misma raíz de la teoría newtoniana y de la visión kantiana. Karl Friedrich Gauss, el gran

²⁵ 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* (Brandom, *Making it explicit* 183).

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 grados²⁶. Pero Gauss fue más allá; 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 contra la experiencia. Gauss trató de medir los ángulos internos de un triángulo gigantesco trazado sobre la Tierra pero la imprecisión de los instrumentos con que contaba no le permitió llegar a una conclusión (Scholz 683)²⁷.

Al final de su *Lógica* define Popper 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 (Popper, *La Lógica de La Investigación Científica* 262)²⁸.

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 empieza a mirar 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* dice Popper lo siguiente: “We choose the theory which best holds its own in competition

²⁶ Otros matemáticos que propusieron ese tipo de geometría, en forma independiente fueron el ruso Nikolai Lobachevski y el húngaro János Bolyai.

²⁷ Algunos historiadores de la ciencia consideran que este experimento de Gauss se orientó sólo a la realización de trabajos de geodesia y no medir la curvatura del Universo.

²⁸ En la traducción castellana de Víctor Sánchez de Zavala.

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” (Popper, *The Logic of Scientific Discovery* 91)²⁹.

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 Tecnos, podemos leer 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 (Popper, *Conocimiento Objetivo* 4° Ed. 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 y no sólo eso sino que también pretende arrojar luz sobre algunos de los problemas de la teoría de la evolución de Darwin entre los que se destaca el problema de la evolución de órganos complejos como el ojo que sólo puede darse, según los darwinistas, mediante pequeñas mutaciones ciegas. Pero no es nuestro objetivo aquí discutir

²⁹ “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 sólo se ha mantenido incólume bajo las pruebas más severas, sino que también es la que permite ser probada de la manera más rigurosa”.

sobre las hipótesis de Popper en 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.

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 problema 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. Allí, en el capítulo 10 “La verdad, la racionalidad y el Desarrollo del Conocimiento” es donde Popper explicita con la mayor profundidad su teoría epistemológica. Parte, primero que todo, de aceptar que el mundo existe independiente de nuestro interés en conocerlo. Sostiene, sin embargo, que podemos aproximarnos gradualmente al conocimiento de ese mundo mediante la estructuración de teorías científicas cada vez mejores. El proceso para lograr, progresivamente, teorías mejores, es precisamente su proceso de ensayo y supresión de errores; de conjeturas y refutaciones³⁰. Pero aquí aparece un problema 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 la alcanzáremos, no tendríamos ningún medio de saber que estamos en posesión de la verdad. Para dar un rodeo a este nudo, Popper se inventa el concepto de *verosimilitud* como medida del acercamiento de una teoría a la verdad (Popper, *Conjeturas Y Refutaciones* 286). Aquí la palabra “teoría” se refiere exclusivamente a teorías de las ciencias fácticas.

³⁰ 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 (Popper, *Conjeturas Y Refutaciones* 376). Sin embargo, aún allí no utiliza esquema alguno para ilustrar su descripción textual.

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. Popper cree pues 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. Entiende por *Contenido de verdad* (CV) todas las consecuencias lógicas de la teoría que han mostrado ser verdaderas 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

$$[CV(t_1) > CV(t_2)] \text{ y } [CF(t_1) \leq CF(t_2)]^{31}$$

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 representó inicialmente, para Popper, un problema difícil de tratar. Él mismo afirma: “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” (Popper, *Conjeturas y*

³¹ También define Popper otros dos conceptos de contenido de una teoría. Define 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.

refutaciones 273). La solución a esta dificultad le llegó a Popper de la mano del lógico polaco Alfred Tarski (1902 – 1983) quien enunció una teoría en ese sentido.

Con relación a lo anterior consideramos que la palabra “correspondencia” puede dar lugar a equívocos en la interpretación. 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, sólo 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 (Popper, *Conjeturas y refutaciones* 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. Al respecto, 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” (Popper, *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 71). En nuestro trabajo 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: “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” (Popper, *Unended Quest* 65)³². Pero ese “descubrir”, ese “atrapar” no equivale a descubrir la “cosa en sí”

³² “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”.

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 empírico³³. Con relación a esta posición antiesencialista de Popper anota el filósofo y sociólogo escocés David Bloor: “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” (Bloor 56)³⁴.

En la construcción de esas redes, el principal reto para los científicos no es sólo proponer teorías; es proponer teorías interesantes, teorías con un alto contenido de información. Para ello plantea Popper 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” (Popper, *Conjeturas Y Refutaciones* 294). El segundo requisito es que la teoría sea contrastable independientemente. Debe no sólo 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 anterior teoría no consideraba. Por último, el tercer requisito dice que la teoría debe salir con éxito de nuevas y severas pruebas. Si los dos anteriores eran requisitos formales, éste tercero es, como dice Popper, “un requisito de éxito empírico” (*Id.* 296). Lo interesante aquí es que el tercer requisito está orientado a la verificación en lugar de a la falsación, “[...] la ciencia se estancaría y perdería su carácter empírico, si no lográramos obtener verificaciones de nuevas predicciones” (*Id.* 297). Este éxito en la contrastación empírica es lo que le da fuerza y sustenta

³³ 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).

³⁴ “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 sólo un debate crítico, es un debate sin final”.

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 airoso. 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 necesario³⁵.

No queremos terminar este apartado sin antes 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; la ciencia 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.

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 Compton³⁶, 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

³⁵ 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).

³⁶ Este artículo fue publicado luego como capítulo 6 del libro *Conocimiento objetivo*.

presenta la competencia entre teorías y la selección de las teorías mejores³⁷. 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” (Popper, *Conocimiento Objetivo* 4° Ed. 224).

Para su propuesta parte Popper del concepto de Control plástico como un punto intermedio entre lo que es totalmente fortuito o aleatorio, sin control (el mundo indeterminado de las nubes) y lo que se fundamenta en un control totalmente férreo, impositivo (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, dice Popper que las 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 argumentadora) a partir de las funciones inferiores (función sintomática o expresiva y función señalizadora)³⁸ pero que no las anulan y, en cambio, ejercen sobre ellas un control con retroalimentación desde tales 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” (*Ibid.*). 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 (*Ibid.*) que pueden resumirse así:

³⁷ 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).

³⁸ 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*.

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 su comportamiento 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 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 P_i es un problema, TS es la solución tentativa (ensayo) y EE es la eliminación de errores. Este proceso se aplica no sólo al desarrollo de la ciencia, sino que también es, según Popper, el proceso macro que rige la evolución biológica. “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” (Popper, *A World of Propensities* 7).
8. Los ensayos TS pueden ser múltiples. Es decir, puede haber un abanico de tentativas de solución TSj.

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 P1 puede llevar a la creación de un nuevo tipo de problema de supervivencia P2 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.
12. El esquema propuesto permite el desarrollo de controles para eliminar errores sin que tenga que morir el organismo (órganos de alerta, etc.).

En resumen, 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 (Popper, *Conocimiento Objetivo* 4° Ed. 226).

Hagamos aquí una pequeña digresión para discutir el concepto de *Control plástico*. En los sistemas³⁹ ya sea físicos, biológicos, sociales o conceptuales (una teoría es un sistema conceptual) se da siempre una estructura jerárquica⁴⁰. 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,

³⁹ 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 emerge también 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.

⁴⁰ Para una ampliación de esta propiedad de los sistemas puede consultarse el libro *Teoría general de los sistemas* del biólogo y filósofo austríaco Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy 26).

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*⁴¹. 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.

[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 (Polanyi, *Life's irreducible structure* 1308)⁴².

El control plástico es pues un juego entre texto y contexto (utilizamos estas denominaciones para tomar no sólo 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; no determinan las palabras que forman las frases, pero sí dan el sentido que no pueden dar las palabras aisladas. Incluso, así sean dos frases exactas palabra por palabra, la distinta entonación puede darles un significado muy distinto. “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 distintos⁴³.

La vida, igual que los procesos comunicacionales, también se caracteriza por estructurar sistemas dentro de sistemas y en cada frontera entre dos niveles

⁴¹ 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 causation in hierarchically organised biological systems* 180).

⁴² Los corchetes son nuestros. “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”.

⁴³ Ludwig Wittgenstein, en sus *Investigaciones filosóficas*, explora esas diferencias en el sentido de una frase dependiendo del tono en el que son pronunciadas (Wittgenstein 13).

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 ((Polanyi, *Life's irreducible structure* 1309). La estructura de una máquina no puede ser definida en función de los principios físico-químicos que le sirven de soporte. 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 comportamiento 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 trabajo 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.

El proceso tetrádico popperiano

Terminando con la digresión, es pues aquí, en la exposición de sus tesis sobre la evolución biológica donde plantea Popper, 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 (Popper, *Conocimiento Objetivo* 4° Ed. 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 trabajo. 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 (se postulan 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 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. Por su parte, Isaac Newton, 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 pues tentativas de solución al problema de la naturaleza de la luz (las TS en el esquema popperiano). Sólo 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 prácticamente 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 francés Augustin Fresnel 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, Simeón Denis Poisson y Jean Baptiste Biot. 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 contrastación⁴⁴.

Continuando con el ejemplo, viéndolo a la luz del esquema tetrádico, resultó que surgió un nuevo problema. Si el problema de la naturaleza de la luz (corpuscular u ondulatoria) lo asimilamos a P_1 en el esquema de la figura 1.1, este nuevo problema, surgido en la tentativa triunfante de solución de P_1 (TS) 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 problema⁴⁵. La Mecánica cuántica abrió, a su vez, muchos otros problemas nuevos, uno de los cuales es el que el físico danés Niels Bohr 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 pues, con este ejemplo, 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

⁴⁴ 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 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 (Gribbin 331 y ss.).

⁴⁵ La teoría electromagnética de James Clerk Maxwell, 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.

posteriormente publicado en castellano en 1997, Popper plantea un nuevo esquema, una variante de su esquema de la tesis octava, en el que introduce un elemento adicional que él llama *Discusión crítica de evaluación* (DCE) (Popper, *El Cuerpo y la Mente* 43). Veamos ese esquema para entender el concepto.

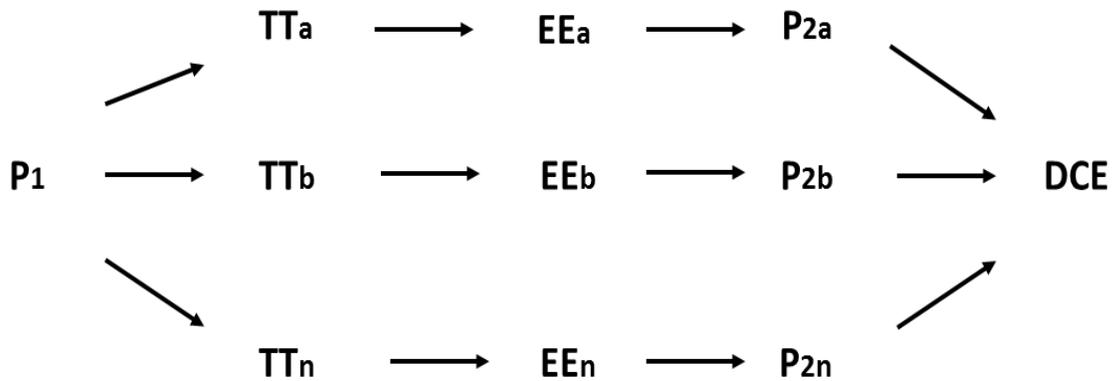


Figura 1.2 El proceso tetrádico ampliado

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” (*Ibid.*). 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 aproximen menos 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 errores⁴⁶. Este ciclo se muestra en la figura 1.3.

⁴⁶ De hecho, algunos teóricos del aprendizaje llaman a este proceso Los ciclos de Popper (The Popper Cycles) (Ever 176).

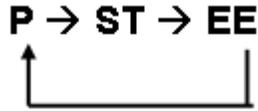


Figura 1.3 El proceso tetrádico mirado como un ciclo

La eliminación del error (EE) involucra todo proceso de contrastación en el que se considera no sólo 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. 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 varios nuevos problemas que no pudieron ser resueltos al interior 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 acomoda 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 explicaba con lo que, ateniéndonos a Popper, la teoría de Einstein tiene un mayor grado de verosimilitud que la de Newton. Pero, 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. 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 póstumamente en 1995 (Popper murió en 1994) 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 esta tesis compartimos este punto de vista) que la similitud entre las dinámicas de desarrollo del conocimiento en la ciencia y de las especies en biología no son dinámicas análogas sino homólogas. 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: “Truth is objective: it is correspondence to the facts” (Popper, *A World of Propensities* 33)⁴⁷. El hecho de que un animal (y en general un organismo vivo) o una especie 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.

Anotaciones a Popper

⁴⁷ “La verdad es objetiva: es la correspondencia con los hechos”.

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 manifiestan una estructura y un comportamiento consistentes (coherentes) con su medio⁴⁸. ¿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 nada más y nada menos que adaptación y la adaptación, en biología, es análoga al representacionismo en ciencias cognitivas⁴⁹. 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 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. Es éste el que se impone y aquel 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

⁴⁸ 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 sólo 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 sólo por la red de procesos y componentes internos es denominada por estos autores como *Clausura operacional* (Maturana and Varela, *De máquinas y seres vivos* 59).

⁴⁹ Para una discusión amplia sobre la analogía entre adaptacionismo y representacionismo consultar el artículo del biólogo Francisco Varela publicado en *GAIA. Implicaciones de la nueva biología* (Varela, "Haciendo camino al andar" 47 - 62).

acción del medio; éste 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. 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, de forma gradual a las condiciones del ambiente puede interpretarse como que el darwinismo acepta una especie de *causación lejana* del cambio⁵⁰. En el caso de la ciencia según Popper, la variación es parcialmente ciega; no están completamente desacopladas la variación y la selección, pues como antes dijimos, para él, el problema mismo acota el rango de las posibles soluciones (Popper, *Unended Quest* 49).

Popper considera la *coherencia interna* de las teorías como la consistencia lógica entre las proposiciones que la conforman. En eso estamos de acuerdo 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 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 trabajo, pero con una connotación distinta (con un sentido distinto). Vamos a tomar para ello la definición que da Stephen Jay Gould para este término: “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” (Gould 182). Adaptación aquí entonces es entendida en el mismo sentido que dimos a la palabra coherencia entre organismo y medio. Uno podría

⁵⁰ Más adelante, en estas consideraciones que estamos haciendo sobre Popper, trabajaremos con más detalle los conceptos de causación próxima y causación lejana.

preguntarse, ¿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. El colibrí pico de hoz de cola canela (*Eutoxeres condamini*) y la flor de la campanulácea *Centropogon*, cuya forma y la del pico del colibrí coinciden como una cerradura y su llave, se ajustaron, de manera tan fina uno al otro, a través de un lento proceso evolutivo de acople estructural. Pero las poblaciones biológicas también pueden afectar el entorno abiótico. Un ejemplo lo dan las cianobacterias y las plantas que mantienen la composición de gases de nuestra atmósfera en su actual estado de equilibrio⁵¹. De no darse esa influencia, nuestra atmósfera sería completamente distinta⁵².

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* (Crick 561), y que fue enunciado inicialmente en 1893 por el biólogo alemán August Weismann (1834 – 1914) establece que la información en los organismos vivos sólo 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. Es por ello que dicho principio se conoce como *la barrera de Weismann* (Weismann 462).

¿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

⁵¹ 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 (Lovelock 85).

⁵² Una de las maneras con la que se espera detectar vida en planetas de otras estrellas (exoplanetas) es la de analizar sus atmósferas para descubrir equilibrios de compuestos gaseosos sólo posibles debido a la actividad de sistemas vivos.

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, no las determina y 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 4° Ed.* 246).

De esta manera, el Lamarckismo, que sustenta la instrucción como forma de aprendizaje o de adaptación evolutiva, es simulado por el Darwinismo⁵³. Este concepto de simulación lo había expuesto ya el filósofo estadounidense James Baldwin, en lo que se conoce como el *Efecto Baldwin* (Baldwin 1896), según el cual, el comportamiento sostenido de los organismos de una especie puede provocar la evolución anatómica que haga más fácil ese comportamiento⁵⁴. Popper precisamente cita y defiende esta interpretación de Baldwin (Popper, *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 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*

⁵³ 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).

⁵⁴ Para un análisis detallado del Efecto Baldwin puede consultarse el artículo con ese título del biólogo estadounidense George Gaylord Simpson (1902 – 1984) (Simpson, “The Baldwin Effect” 110).

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 sólo] como cambios en las frecuencias de los genes” (T. García 120)⁵⁵. De acuerdo con 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 depende de la interacción dinámica con el contexto” (*Ibid.*). 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 “everything that leads to the phenotypic expression of the genetic information in an individual” (Jablonka and Lamb 80)⁵⁶. 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 producto de las dinámicas del desarrollo

⁵⁵ La EVO-DEVO trata de armonizar dos visiones, consideradas como opuestas, sobre la evolución de los seres vivos. La visión de la síntesis darwiniana es una visión netamente externalista: es el ambiente el que determina el cambio. La visión de biología del desarrollo hace de la epigénesis 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 (T. García 10).

⁵⁶ “Todo aquello que afecta la expresión fenotípica de la información genética en un individuo”.

ontogenético del individuo (causa cercana). Sin embargo, la variación epigenética puede 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: “If development impinges on heredity and evolution, then there are some instructive processes in evolution too” (Jablonka and Lamb 94)⁵⁷. Darwin sacó a Lamarck por la puerta pero él parece que volvió a entrar por la ventana. La variación epigenética influencia “the site and nature of genetic changes and affect evolution in this way” (*Ibid.*)⁵⁸. 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.

Pero, a pesar de lo anterior, démosle un crédito a Popper para lo cual planteamos la siguiente tesis auxiliar⁵⁹:

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.*

⁵⁷ “Si el desarrollo incide en la herencia y en la evolución, implica que la evolución también considera procesos instructivos”.

⁵⁸ “[La variación epigenética influencia] el sitio y la naturaleza de los cambios genéticos y con ello afectar la evolución”. Los corchetes son nuestros.

⁵⁹ Esta tesis es una tesis que denominamos *auxiliar* pues que servirá para apoyar la argumentación sobre las tesis fundamentales de este trabajo. 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.

Para mostrar por qué puede sostenerse esta tesis partamos del concepto de causación descendente que tomó Popper de Donald 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 “[...] all processes at the lower levels of hierarchy are restrained by and act in conformity to the laws of the higher levels” (Campbell, “Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems” 180)⁶⁰. 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 sólo lo aplicó Popper a los sistemas biológicos sino también que lo utilizó para explicar la dinámica del desarrollo científico. 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 ésta (Popper, *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 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 – 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 palmeadas *para* impulsarse mejor en el agua. La teoría, que pertenece al mundo 3, condiciona (aunque no determina) su modo de ver; es decir, sus estados mentales propios del mundo 2; ejerce sobre ellos un control

⁶⁰ “[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”.

plástico. Este condicionamiento, permite entender la que Popper llama *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 Popper que una variación aleatoria, por ejemplo, en el caso biológico, una mutación en el ADN, es aceptada sí 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 es rechazada (Popper, “Natural Selection and the Emergence of Mind” 348)⁶¹.

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; “[...] 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)” (Popper, *A World of Propensities* 14)⁶². Cuando estudiamos eventos que suceden sobre objetos en situaciones completamente estables, las propensiones se tornan en 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 (*Id.* 16). Esta visión de la 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 vez⁶³; es decir, de la *propensión* al cambio sobre el objeto, complementada con el proceso de la *causación*

⁶¹ 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.

⁶² “[...] 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)”.

⁶³ “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 propiedades de la situación como un todo y, algunas veces, de la forma particular en la que esa situación cambia”.

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 las propensiones al cambio) en tales subsistemas. 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 nada más y nada menos que una variación epigenética como la establece la teoría de la EVO-DEVO. Por lo tanto, Popper, de alguna manera, aunque nunca fue consciente de ello, desarrolló conceptos para explicar el cambio, congruentes con los que después desarrollaría la teoría de la EVO-DEVO. Los conceptos popperianos de causación descendente y de propensiones permiten pues, entender, como expresamos en la primera parte de nuestra tesis anterior, cómo los procesos de desarrollo canalizan las variaciones posibles a nivel biológico tal como indica la teoría de la EVO-DEVO.

Con relación a la segunda parte de la tesis: “*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, es decir, 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. 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). La una explicaba los

fenómenos relativos a los movimientos mecánicos y a las interacciones gravitatorias. La otra explicaba 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, en 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 éste canalizar adecuadamente y que le permitió inventar inicialmente la Teoría Especial de la Relatividad y posteriormente la versión general de tal teoría⁶⁴. Una particular situación en el Mundo 3 dentro del dominio de la Física ejerció un control plástico que no determinó, pero sí canalizó un (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; una teoría pues, con un mayor contenido empírico y una mayor verosimilitud y que hasta hoy ha superado todos los intentos de falsación. Es un caso claro de control plástico con retroalimentación como indica el mismo Popper (Popper, *Conocimiento Objetivo* 4º Ed. 221).

Sobre las causaciones próxima y lejana en Popper

⁶⁴ 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, Mapas de Poincaré* 243).

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:

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 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 (Popper, *A World of Propensities* 35 - 36)⁶⁵.

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)

⁶⁵ “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”.

que ocurre a nivel de la población de organismos (a través de incontables generaciones como expresa Popper) como una deriva evolutiva mediante la cual los organismos que componen la población mantienen una adaptación relativamente buena (nunca perfecta) con su entorno gracias 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* y 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). Goldschmidt 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 unas condiciones especiales, pueden sobrevivir con más éxito que el resto de la especie (Goldschmidt 390). Popper supone, haciendo una variante con relación a la propuesta de Goldschmidt, la aparición de *monstruos etológicos o comportamentales*, organismos cuyas diferencias respecto a sus padres consisten fundamentalmente en conductas distintas (Popper, *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 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*⁶⁶ en la que se manifiesta el “efecto Baldwin” del que ya hemos hablado⁶⁷.

Siendo rigurosos, esta primera forma de acople de largo alcance actúa sobre la población de organismos considerando a ésta 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 parte⁶⁸.

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 éste 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 of Propensities* 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

⁶⁶ Para un tratamiento amplio de este fenómeno el lector puede remitirse al libro de Waddington *The nature of life* (Waddington 1961).

⁶⁷ 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* (Gould 2004).

⁶⁸ 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).

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 (conducta) 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 de este trabajo, al acople de largo alcance, sea gradual o disruptivo, lo llamaremos *Reestructuración cognoscitiva* pues, en el caso de la biología, el acervo génico⁶⁹ de una población sufre un cambio; en cierta forma, se reestructura de tal forma que la población mantiene la coherencia (el acople estructural efectivo) con su medio. Esta coherencia es, según Popper⁷⁰ (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 sólo algunos de los genes que conforman tal acervo sino, y principalmente, cambia 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. 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*⁷¹. Un ejemplo de acople por asimilación cognoscitiva, a través de plasticidad fenotípica en el soma, ocurre cuando nuestro cuerpo, acostumbrado al

⁶⁹ 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 (Audesirk and Audesirk 324).

⁷⁰ Recordemos que Popper habla de “Correspondencia” y no de “Coherencia”.

⁷¹ Es importante no confundir esta expresión con la “Asimilación genética” definida por Conrad Waddington y de la que ya hemos hablado.

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 y ya no nos cansamos ante el mismo esfuerzo. Nos hemos adaptado a las características del nuevo ambiente⁷².

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 dimorfismo 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 (Fernández, Mezquita, and 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 a los mismos de tal manera de maximizar sus posibilidades de supervivencia.

Los dos ejemplos anteriores de plasticidad fenotípica son ambos del tipo de *acción reactiva* en la que, en estos casos, el soma del individuo se acomoda a las condiciones del ambiente. Un ejemplo de acción proactiva, orientada

⁷² 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 (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.

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 and Rendón 20). En este caso, el cambio de comportamiento es completamente instintivo. Un cambio de comportamiento aprendido se da, por ejemplo, con los elefantes africanos que migran buscando alimento y agua en épocas de sequía. En este caso la hembra más vieja es quien recuerda la ubicación de las fuentes de agua y alimento según aprendió en migraciones anteriores (Birkett *et al.* 2012)⁷³.

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 sólo 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 para lo que trataremos más adelante por lo que volveremos sobre ellos posteriormente.

Conclusiones

⁷³ PLOS Journal: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038363>
Consultado el 26 de julio de 2016.

Vamos aquí a rescatar algunos puntos de la epistemología popperiana que serán pilares en el modelo que proponemos en este trabajo 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; a una teoría tácita o explícita sobre la manera como opera ese mundo⁷⁴. 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. Tales aspectos distintos los llama él “fases”. Una es la fase dogmática en la que el sujeto del aprendizaje obedece unos principios que da por sentados; principios que modulan sus percepciones y sus acciones sobre el mundo y que acepta como dogma. La otra es la fase crítica en la 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, si pueda cumplir las expectativas. Es la actitud de buscar activamente el error en nuestras concepciones del mundo de tal forma que nos permita abrirnos a nuevas formas de ver ese mundo. Además, afirma Popper como ya vimos, que la fase crítica siempre va precedida de una fase dogmática. Esto hace que este segundo punto esté íntimamente relacionado con el punto anterior.

⁷⁴ 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”.

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; no son 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. 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 situación⁷⁵.

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* 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 desechar la teoría del calórico. Lo anterior nos suscita la siguiente pregunta: ¿Se podría pensar que formas análogas de contrastación

⁷⁵ 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 (Alphin 54).

pueden darse a nivel del desarrollo orgánico? Con elementos argumentales planteados posteriormente en este trabajo podremos intentar una respuesta a esta pregunta⁷⁶.

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 acogió⁷⁷. 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. Éstas, a su vez, constituyen los diversos tejidos orgánicos y éstos conforman los órganos. Los órganos son los componentes de un organismo biológico y un grupo de organismos conforma una población en 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" (Campbell "Downward causation in hierarchically organised biological systems" 180). 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*. 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 teleonómicos⁷⁸ en un nivel superior requieren, para su implementación, de los mecanismos y procesos específicos del nivel inferior.

⁷⁶ En el capítulo 3 de este trabajo hacemos ese intento de respuesta.

⁷⁷ Define Popper la causación descendente como el proceso por el cual una estructura jerárquicamente superior [de un sistema] opera causalmente sobre una subestructura (Popper, "Natural Selection and the Emergence of Mind" 348).

⁷⁸ Teleonomía es una palabra usada 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

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) 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 canalizan⁷⁹ la distribución de los eventos y sustancias en el nivel inferior.

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 la *Jerarquía anillada* (Campbell, “Epistemología Evolucionista” 51) 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 mundo⁸⁰.

procesos de la evolución biológica (Monod 21). Un proceso teleonómico *simula* a un proceso teleológico.

⁷⁹ 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 sólo 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*.

⁸⁰ 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,

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 (Campbell, “Epistemología Evolucionista” 54):

- Los mecanismos para introducir la variación.
- Los procesos consistentes de selección.
- Los mecanismos para preservar y/o propagar las variaciones seleccionadas.

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 entidades (las teorías) se suceden unas a otras en un proceso continuo de desarrollo donde no sólo 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 sólo ve el progreso de la ciencia como integración. Consideramos que, en el desarrollo del conocimiento científico teórico, igual que en el desarrollo tecnológico (y en la evolución biológica), se dan ambos procesos: 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 (Popper, *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 241). Esta teoría incluyó en su marco dos teorías existentes: la dinámica de Galileo y la teoría kepleriana del movimiento planetario. Pero no sólo las incluyó, sino que las leyes

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.

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, surgen 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 y Leonard Euler. Incluso el pedagogo alemán Johann Friedrich Herbart propuso una teoría de la psicología que tomaba de la física newtoniana el concepto de fuerza aplicándolo a la asociación de ideas. Éstas 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 newtoniana⁸¹. 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 nuestras tesis: la teoría del aprendizaje del teórico del aprendizaje organizacional estadounidense Chris Argyris y del filósofo también estadounidense Donald Schön.

⁸¹ 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 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” de Gregory Bateson⁸². 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.

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 conocimiento que se obtiene directamente en la acción. Es un conocimiento que, si bien 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)⁸³, hace equivar este conjuntos de reglas de una profesión a una teoría de la práctica de

⁸² Este concepto introducido por el antropólogo inglés Gregory Bateson (1904 – 1980) se refiere al proceso de aprender a aprender (Bateson 323). Es un aprendizaje de “segundo orden”.

⁸³ Para una introducción a las ideas de John Dewey sobre la filosofía del conocimiento práctico pueden consultarse los libros *Experience and education* (Dewey 1997) y *Democracy and education* (Dewey 2004).

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 práctica⁸⁴ debe orientarse a la solución instrumental de los problemas mediante la aplicación rigurosa de la teoría científica (Schön 21). Tal solución consiste, según esta visión, en el ajuste instrumental de los medios a los fines previamente definidos y consensuados. Este ajuste responde a la pregunta ¿cuál es la manera óptima de lograr los fines establecidos con los medios de que se dispone? y fundamentándose, 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 (*Id.* 31). Las mismas universidades aplican este marco epistémico a sus currículos. 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. Son una especie de conocimiento de bajo nivel.

⁸⁴ 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.

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 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 puede 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: “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” (Schön 40)⁸⁵.

Construir los problemas implica pues 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. 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*, aquel conocimiento que es aceptado por la comunidad científica y que, por el momento, no se pone en tela de juicio (aunque pudiera ponerse). La situación problemática se refiere, según Popper, al conjunto problema-trasfondo y el análisis situacional

⁸⁵ “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 problemáticas que normalmente son enigmáticas, dificultosas e inciertas”.

consiste en definir el problema extrayéndolo lo más nítidamente posible de su trasfondo (Popper, *Conocimiento objetivo 4º Ed.* 158). Apliquemos este concepto popperiano al mundo empresarial en el que entender claramente las situaciones problemáticas y poder *recortar*, a partir del trasfondo del conocimiento aceptado, el conocimiento puesto en tela de juicio y, en ese proceso, definir el problema, permite 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 Herbert Simon en *The science of the artificial* según el cual el diseño es el proceso por medio del cual se transforma una situación existente en otra deseada: “How things ought to be [...] in order to attain goals” (Simon 4)⁸⁶.

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 queda en él interiorizado 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. 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 (Polanyi, *The tacit dimension* 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 sólo con palabras (o con dibujos). Necesitamos nosotros también experimentar, caer nos 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”.

⁸⁶ “cómo debieran ser las cosas para alcanzar metas”.

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 (no 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 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. Evitar 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 mejor⁸⁷. Esta reflexión la llama Schön *reflexión en la acción*. Reflexionar en la acción 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, de alguna manera, si queremos mejorar o cambiar esos comportamientos. El disparador de la reflexión es la *sorpres*a. En palabras de Dewey: “Knowledge as an act is

⁸⁷ 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” (Dewey, *Experience and education* 87). 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”.

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" (Dewey, *Democracy and Education* 369)⁸⁸. Si nuestro comportamiento produce los resultados que esperamos, no prestamos atención a ello; no reflexionamos sobre ese comportamiento 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, en ese momento, reflexionar sobre el porqué de ello; por qué la acción se sale de nuestras expectativas. 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. La próxima vez que tomemos la llave, ya 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 expectativas⁸⁹.

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; un especialista. A este respecto nos dice Schön:

⁸⁸ "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".

⁸⁹ 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 4° Ed.* 141).

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 (Schön 60)⁹⁰.

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.

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.

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

⁹⁰ “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, esta 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”.

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 (Schön 68)⁹¹.

Vemos en esta epistemología de la práctica de Schön un parecido (un aire de familia) 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 del mundo y, en el caso de la práctica profesional, permita realizar de mejor manera la acción que se está ejecutando.

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 general, en la interacción interpersonal. Llamaron a su teoría “Ciencia de la Acción” (*Action Science*). Esta teoría busca explicar cómo se produce el conocimiento práctico⁹² necesario para actuar de manera informada en la vida diaria y tomar decisiones efectivas (Argyris, Putnam, and McLain 2). Inscriben su ciencia de la acción dentro del marco de la teoría de la agencia que

⁹¹ “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”.

⁹² En contraste con el conocimiento teórico o científico.

enfatisa 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 mismos⁹³. “La ciencia de la acción indaga cómo los seres humanos diseñan e implementan acciones en la relación con el otro” (Argyris, Putnam, and McLain 4)⁹⁴. Por esta razón la ciencia de la acción forma parte de las ciencias del comportamiento⁹⁵. Esta indagación busca entender las dinámicas de la deliberación guiada por las normas y prácticas sociales vigentes en una comunidad institucional, que ellos 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, and 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 entre ellos se dan por lo que la ciencia de la acción es una ciencia de las relaciones sociales. Por esta razón, bajo una epistemología de

⁹³ 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 (Frankenberg 2011).

⁹⁴ En el original: “Action science is an inquiry into how human beings design and implement action in relation to one another”.

⁹⁵ 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).

conocimiento práctico, las comunidades de práctica⁹⁶ son 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 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, and 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 compartidos⁹⁷.

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 vida diaria 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 genera y, a su vez, 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 el significado (Argyris, Putnam, and McLain 22); significado que esos científicos deben captar. El problema aquí es que los científicos sociales deben,

⁹⁶ Una comunidad de práctica es un grupo de personas que comparten conocimientos, ideas, preocupaciones, problemas y experiencias sobre un tema que los apasiona y 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* (Wenger, McDermott, and Snyder 2002).

⁹⁷ 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 auto-organización se produce de forma natural cuando las personas de una empresa interactúan en redes que persiguen objetivos comunes; esto es, en Comunidades de práctica (Coleman 33).

en cierta forma, hacerse miembros activos de la comunidad que estudian, para captar adecuadamente los significados e intenciones que allí se presentan.

La ciencia de la acción busca entonces 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, como ya dijimos, 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 determinan la capacidad del sistema para aprender (*Id.*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 ambiente⁹⁸ 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 (incertidumbre), es necesaria esa retroalimentación desde el ambiente para incrementar la efectividad de las subsiguientes acciones (Argyris, "Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making" 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 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

⁹⁸ El ambiente (el entorno) e 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 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 y el medioambiente biótico y abiótico, entre otros.

sentido, definen el error como un conocimiento que lleva a una acción inefectiva (Argyris, "Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making" 365). La diferencia es que el conocimiento involucrado no es un conocimiento científico sino un conocimiento práctico; un conocimiento en la acción.

Sin embargo, a diferencia de Popper y yendo, a nuestro modo de ver, un paso más allá que éste, Argyris y Schön identificaron *explícitamente* un doble lazo en el proceso iterativo antes mencionado⁹⁹. Es decir; en lugar de un solo lazo como en el ciclo popperiano, ellos identificaron dos lazos en el ciclo de aprendizaje. Por esto 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 and 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*.

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 behavior¹⁰⁰ *but as the construction, testing, and restructuring of a certain*

⁹⁹ A pesar de que Popper identificó dos fases en todo proceso de desarrollo del conocimiento, como expusimos anteriormente, nunca las explicitó en su esquema tetrádico.

¹⁰⁰ Como argumenta el Conductismo.

kind of knowledge. Human action and human learning could be placed in the larger context of knowing (Argyris and Schön 10)¹⁰¹.

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) contruidos 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 y, dependiendo de tal 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 son aculturados para ser básicamente pensadores de lazo simple. Esto conduce a actitudes y comportamientos que limitan la exploración y la capacidad de apreciar la información pertinente e inhiben la capacidad de aprender y de cambiar (Argyris, "Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making." 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 (*governig values*). Es un modelo abierto al cambio y no imperativo sino

¹⁰¹ La cursiva es nuestra. En nuestra traducción: "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 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".

consensual, apropiado para ambientes rápidamente cambiantes y con alto grado de incertidumbre y ambigüedad.

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 (Argyris and Schön 24)¹⁰².

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 Learning* 68).

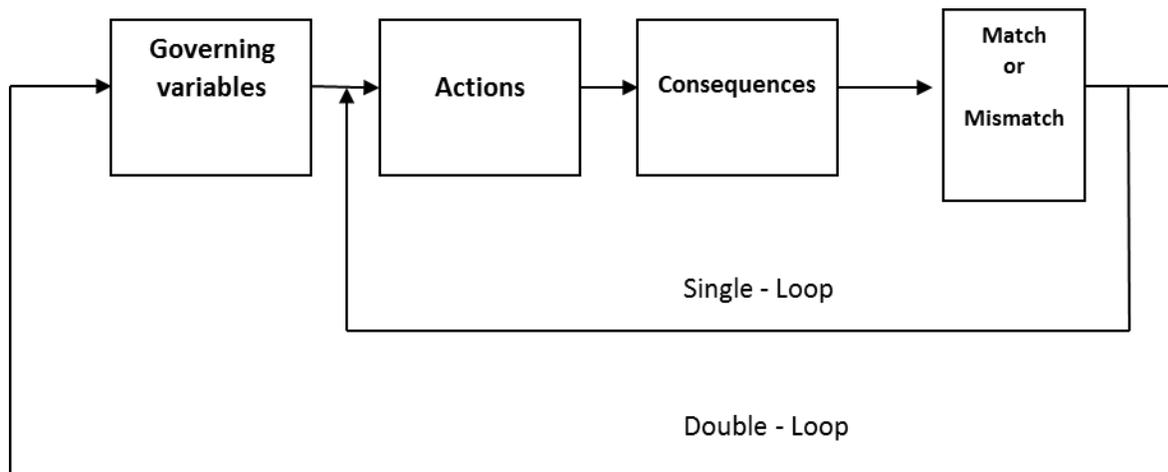


Figura 2.1 El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön

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

¹⁰² "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".

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 para ir de un lado para otro del 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 primero hacer conciencia 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*.

Vemos, de 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 el mostrado en la figura 2.2:

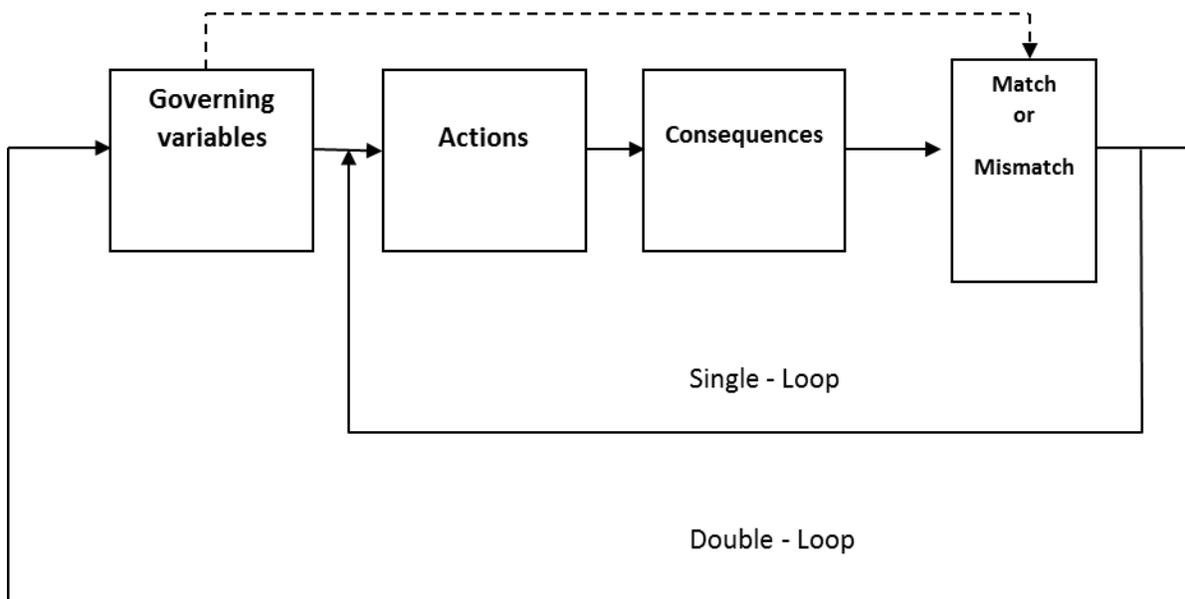


Figura 2.2 El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön modificado

Esa flecha punteada muestra que cuando una organización humana (o un individuo) se enfrenta 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. 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?¹⁰³

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 antes dijimos, cualquier característica de conocimiento que haga que la acción subsecuente sea inefectiva (Argyris, "Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making" 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. "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". (Smith 5)¹⁰⁴. En este sentido las empresas (y, en general, las organizaciones humanas) son entidades cognitivas; empresas de conocimiento. Dicen Argyris y Schön al respecto: "Hence, our inquiry into organizational learning must concern itself not with static entities called

¹⁰³ Vemos que esa misma pregunta se plantea la ciencia y reducir esa distinción, esa diferencia, es el objetivo del desarrollo científico.

¹⁰⁴ "Sólo 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"

organizations, but with an active process of organizing which is, at root, a cognitive enterprise” (Argyris and Schön 16)¹⁰⁵.

Aquí es importante aclarar que el ciclo popperiano no es equivalente al lazo simple de Argyris y Schön ni 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 *acertijo* kuhniano. En la fase crítica, el problema se resiste a ser resuelto bajo esos principios. Para resolverlo es necesario atacar el dogma mismo. Éste 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 piramidal¹⁰⁶ 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 (Argyris, “Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making” 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

¹⁰⁵ “De aquí que nuestra investigación sobre el aprendizaje organizacional no tiene que ver con entidades estáticas llamadas organizaciones sino con un proceso activo de organización que es, en sus fundamentos, una empresa cognoscitiva”

¹⁰⁶ 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.

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*¹⁰⁷. En este aspecto Popper no estaba tan alejado de Kuhn, sin embargo, Popper, en general, asumió una posición esencialmente emergentista como puede leerse en el siguiente párrafo de su “Epistemología sin sujeto cognoscente”

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 (P₂) which are created by the error-elimination (EE) of a tentative theoretical solution (TT) of an old problem (P₁) (Popper, *Objective Knowledge* 146)¹⁰⁸.

En *Conjeturas y refutaciones* afirma también Popper esa posición emergentista: “[...] cuando hablo del desarrollo del conocimiento científico, lo que tengo *in mente* no es la acumulación de observaciones, sino el repetido derrocamiento de teorías científicas y su reemplazo por otras mejores o más satisfactorias” (Popper, *Conjeturas y Refutaciones* 264).

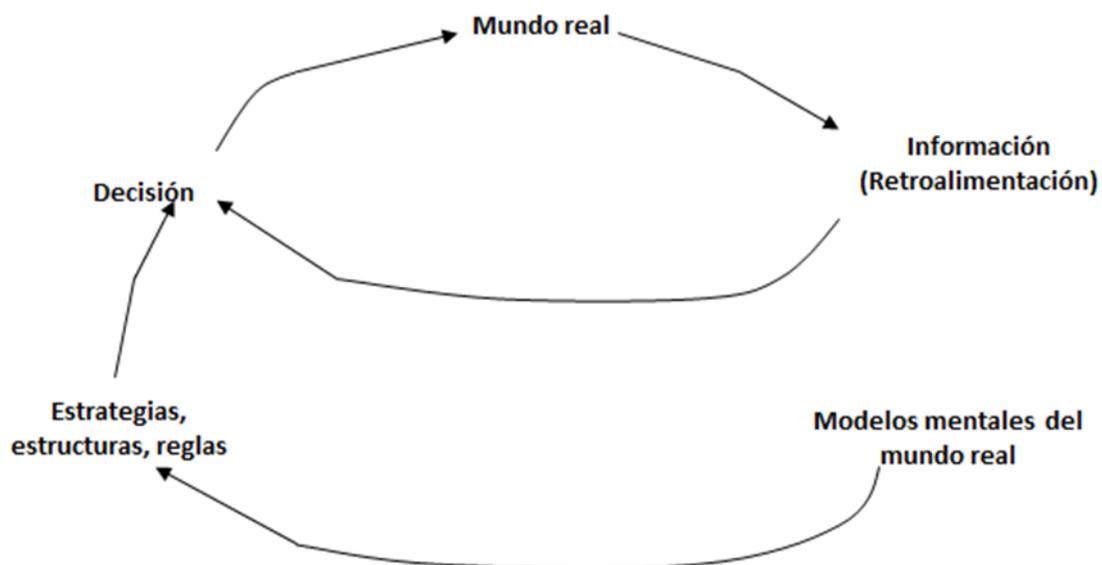
Aquí Popper muestra claramente que en su esquema tetrádico se privilegia la fase crítica en el desarrollo del conocimiento sobre la fase dogmática. En ésta, si bien

¹⁰⁷ 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 (Toulmin, *La Comprensión Humana* 109).

¹⁰⁸ “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 (P₂) que surgen del proceso de eliminación de errores (EE) en una solución teórica tentativa (TT) a un viejo problema (P₁)”.

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 nuestro trabajo 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 (Sterman 16). Ver figura 2.3.

Figura 2.3 El lazo simple de aprendizaje según Sterman

En este gráfico, el sistema (cualquier entidad que aprende) recibe del mundo real¹⁰⁹ 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 expresados en estrategias, estructuras políticas y reglas de acción (los principios de acción o *governing values* de Argyris). 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 sólo 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*¹¹⁰ de Popper que este filósofo también denomina, a nuestro parecer más apropiadamente, *Horizonte de expectativas* (Popper, *Unended Quest* 55).

En consonancia con la anterior gráfica, el esquema correspondiente de Sterman para el lazo doble de aprendizaje se muestra en la figura 2.4 (Sterman 19):

¹⁰⁹ 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.

¹¹⁰ 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).

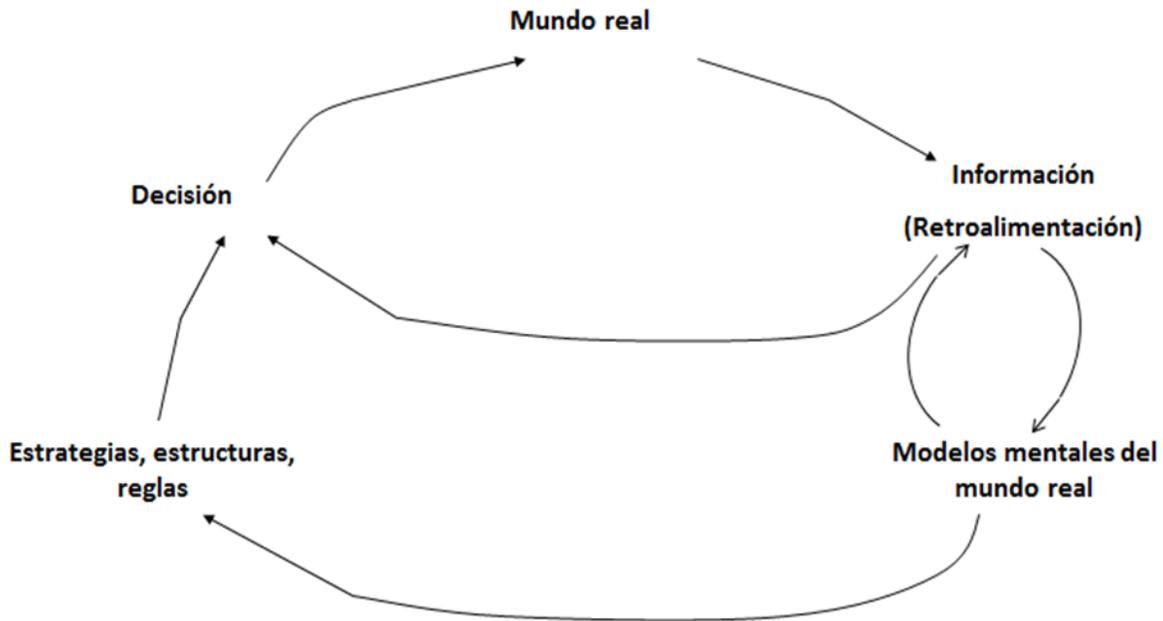


Figura 2.4 El doble lazo de aprendizaje según Sterman

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, 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 Sterman 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 (El doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön modificado). 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 y que, 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 sistematizado¹¹¹ se convierte en lo que podríamos llamar *Capital Intelectual* 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 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 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 Argyris y Schön 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 como 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

¹¹¹ 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.

sentido: “Organizational learning might be understood as the testing and restructuring of organizational theories of action” (Argyris and Schön 11). 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 análogo al (deberíamos decir *homólogo con*) el proceso de reestructuración cognoscitiva que definimos cuando hablamos del cambio en las poblaciones biológicas. Los principios de la acción son, siguiendo con la homología, el ADN organizacional.

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 no se sumergen más profundo 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 (Argyris and Schön 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 en la anterior enumeración. Esa condición es “la existencia de un procedimiento 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 desarrollo¹¹² 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 la misma (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

¹¹² Entendiendo aquí por “desarrollo” no sólo el *mantenerse la organización en la existencia* sino también en prosperar continuamente.

profunda escasez de alimentos y con ello, al colapso del imperio¹¹³. Ese cambio significativo en el ambiente (la sequía) mostró la 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 entonces:

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 y que ya hemos 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 emerge¹¹⁴ 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 entorno¹¹⁵. Las condiciones 2 y 3 nos indican la existencia de toda una dinámica de interacción entre los elementos del colectivo. La frontera entre el colectivo y el

¹¹³ Esta es la teoría mejor aceptada por la comunidad científica pues viene respaldada por evidencias observacionales muy sólidas. Un tratamiento más amplio se encuentra en la página Web: *Ciencia@NASA*. 15 nov. 2004 < http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2004/15nov_maya/ >

¹¹⁴ 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.

¹¹⁵ El comportamiento relacional es bidireccional en el sentido de toda interacción. El colectivo actúa sobre el entorno, pero también es influenciado o perturbado por éste.

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? - podemos partir del concepto popperiano de los organismos biológicos como *solucionadores constantes de problemas*¹¹⁶. Popper dice: “All organisms are constant problem solvers; even though they are not conscious of most of the problems they are trying to solve” (Popper, “Natural Selection and the Emergence of Mind” 343)¹¹⁷. 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. Los mismos Argyris y Schön lo expresan así con relación a las organizaciones humanas: “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” (Argyris and Schön 9)¹¹⁸.

¹¹⁶ Ese concepto de solucionadores constantes de problemas es otra pista que nos da Popper para la construcción de nuestro caso.

¹¹⁷ Todos los organismos son solucionadores constantes de problemas; aun cuando no sean conscientes de la mayoría de los problemas que tratan de resolver.

¹¹⁸ “Empezamos a sospechar que no hay ningún estado estable aguardándonos en el horizonte. Por el contrario, nuestra capacidad para resolver problemas parece multiplicar los problemas”.

¿Qué es un solucionador constante de problemas? Pues 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 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 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 heterónomo 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:

[...] by *autonomous* we understand a far-from-equilibrium system that constitutes and maintains itself establishing an organizational identity of its own, a functionally integrated (homeostatic¹¹⁹ 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 (Ruiz-Mirazo, Peretó and Moreno 330)¹²⁰.

Con base en lo anterior, podemos rebautizar a los organismos solucionadores constantes de problemas popperianos que aprenden de su interacción con el entorno con el propósito de mantener su dinámica organizativa interna con el más ajustado nombre de *Sistemas cognoscentes autónomos*. Decimos “más ajustado”

¹¹⁹ Se dice de una entidad que tiene la propiedad de la *homeostasis* cuando es capaz de mantener su organización interna estable compensando los cambios en su entorno a través del intercambio regulado de materia y energía con dicho entorno.

¹²⁰ “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 entre los procesos autoconstructivos internos, así como con otros procesos de interacción con su entorno”. 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, 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 (Varela, *El Fenómeno de La Vida* 51).

porque, a nuestro parecer, esa denominación describe mejor lo que tales sistemas son.

En este trabajo entenderemos entonces por *sistema cognoscente autónomo* 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. Es *cognoscente* en cuanto toda relación que establece 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 operacional¹²¹ y, por tanto, el medio no determina los estados internos del organismo, sólo 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 aprendizaje¹²². Los sistemas cognoscentes autónomos “aprenden”.

¹²¹ 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 sólo se da por la dinámica de sus procesos internos.

¹²² 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

Como podemos inferir de lo aquí dicho y de lo que antes expusimos sobre los conceptos popperianos de *causación próxima* y *causación lejana* con relación al 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, éstas últimas son también sistemas cognoscentes autónomos. En el capítulo 5 de este documento trataremos este tema con mayor detalle 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.

¿Y qué de las organizaciones humanas? Respondemos entonces 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 en este trabajo 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 (mantenerse en la existencia). El primer tipo de decisiones se traduce en acciones sobre el entorno

auto-corrigen, capaces de informar (o determinar) su entorno circundante en un mundo, a través de una historia de su acoplamiento estructural con él” (Varela, “Haciendo Camino Al Andar” 50). Esta visión de nos muestra un elemento esencial: la co-variación; un sistema cognoscente autónomo co-varía 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. Esto 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 –parafraseando a Varela- existe su mundo, ese mundo relevante (con significado) “que es inseparable de su vivir” (Varela, *El Fenómeno de La Vida* 209). La realidad no es como es (ella sola), es como un “somos” (una unidad indisoluble conocido-cognoscente).

con el objeto afrontar las amenazas o de aprovechar las oportunidades que el entorno presenta. El segundo tipo de decisiones se traduce en acciones al interior de la organización que llevan al cambio no sólo 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 2 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 sólo cambian debido exclusivamente a decisiones (conscientes o inconscientes) tomadas al interior 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; sus *governing values*).

Veamos el caso de una empresa industrial. Como tal, esta empresa 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; el mercado involucra a los canales de distribución y los almacenes de venta al consumidor final, los proveedores y las casas de moda; 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 percepción, 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 que las ejecuten las que determinarán si la empresa tiene éxito al enfrentar bien las amenazas, bien 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 a su interior los cambios adecuados que lleven a comportamientos efectivos frente al medio (frente a las amenazas y/o a las oportunidades que el medio presenta) la empresa pierde competitividad y puede incluso desaparecer.

Por otro lado, en su análisis de la organización así definida, estos autores 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 (*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. “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” (Argyris and Schön 13)¹²³. 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

¹²³ 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.

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.

Capítulo 3. Reformulando el esquema tetrádico popperiano

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) y, en el capítulo siguiente, describiremos, 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.

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 teoría¹²⁴. Tales principios son:

- Todo individuo es ligeramente diferente a sus padres tanto en sus rasgos físicos como de conducta (Darwin 89).

¹²⁴ 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 posicionando 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* (Gould 2004). 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 (Simpson, *El Sentido de La Evolución* 1963). 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* (Larson 2006).

- Cada generación de organismos de una especie produce más descendientes de los que el medio puede sostener (*Id.* 113).
- Sólo los individuos que portan aquellas variantes más adecuadas (los mejor dotados) sobreviven a las condiciones del medio y dejan descendencia (*Id.* 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 *sólo* puede sostener algunas variantes de las muchas que se producen. Hacemos énfasis en la palabra “sólo” 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 dan¹²⁵:

- 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). 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

¹²⁵ 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 documento.

coherentes. Si surgen nuevas incoherencias debidas a expectativas no cumplidas (por cambios en el sistema¹²⁶ 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 antes dijimos, 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 de este tipo.

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, en este sentido del filósofo de la biología estadounidense David Hull (1935 – 2010).

¹²⁶ En el caso de la ciencia, el sistema cognoscente es 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.

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 (principios) 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*¹²⁷) y el cambio en el sistema inmunológico. 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: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 116).

Parte Hull, para elaborar sus principios, 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: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 98). Critica la jerarquía tradicional definida por los biólogos (genes, cromosomas, gametos, organismos, demos,

¹²⁷ La evolución conceptual también incluye evolución de conceptos culturales distintos a las teorías científicas (modas, estilos artísticos, artefactos, etc.) pero Hull se enfoca en la evolución de los conceptos científicos.

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. Lo mismo podría decirse de un organismo. Al respecto, pone Hull 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 (*Id.* 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 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 (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 14). Tal situación ha generado un sinnúmero de debates entre los biólogos. Por ejemplo, algunos sostienen que la evolución puede explicarse enteramente en términos de selección de genes (Dawkins 1985) y otros, por el contrario, sostienen que los organismos, que interactúan con el entorno, son fundamentales en el proceso de selección (Sober 89). 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: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 30), (Wynne-Edwards 18).

Para Hull, se hace necesario, entonces, definir unas entidades que logren eliminar esa dificultad (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 109). Estas entidades deben realizar, sin ambigüedad, las funciones de replicación y de interacción con el entorno (*Id.* 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 (*Id.* 1, 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 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 sólo pequeñas modificaciones, para explicar la evolución conceptual (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science 2*)¹²⁸.

Como vemos, Hull toma como criterio de definición la relación biunívoca entre entidad y función: una entidad (Replicador) cuya única función sea generar copias de sí misma y otra entidad (Interactor) cuya única función sea la de interactuar con el entorno de tal manera que inflencie las frecuencias de replicación (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science 21*). Hull afirma que ambos tipos de entidades tienen, entre sí, una relación jerárquica que está delimitada sólo por el proceso evolutivo en sí mismo (*Id.* 23). “El propósito al introducir términos como *replicador*, *interactor* y *linaje* es el

¹²⁸ En el original: “In the past the most obvious way to organize living entities was into a hierarchy or 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”.

de especificar términos clase (tipos) más generales que los tradicionales de *gen*, *organismo* y *especie*" (Id. 41)¹²⁹.

Por otro lado, aduce Hull, que esta propuesta elimina también el debate surgido en torno a las *unidades de selección* (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 23). Para algunos biólogos (Dawkins 1985 50, 56), los genes son las unidades de selección; para otros (Sober 89) (Lewontin 7) son los organismos quienes desempeñan ese papel. Para Hull, no existen unidades 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 (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 48). Si consideramos los tres procesos involucrados en todo sistema darwiniano, que ya expusimos con anterioridad en este trabajo, 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.

Con relación a los dos subprocesos que él define, Hull identifica la entidad importante en cada uno de esos subprocesos así (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 109, 110):

Replicador: es la entidad que transmite su estructura, *casi intacta*, en repeticiones¹³⁰ sucesivas. El replicador es, entonces, una entidad de carácter histórico ya que implica la continuidad temporal de una estructura (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 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

¹²⁹ 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".

¹³⁰ Entendemos que Replicar es la acción que ocurre cuando una entidad genera una copia, no necesariamente exacta, de sí misma.

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 (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 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 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 (Dawkins 1985 28). El vehículo es pues, para Dawkins, sólo 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). 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” (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 47)¹³¹. 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* (*Id.* 23). Este punto es básico para respaldar nuestra tesis ya que esta relación causal conforma lo que hemos dado en llamar (y explicamos posteriormente) un *Ciclo de generación de valor*. Sin embargo, como ampliaremos posteriormente, nosotros consideramos en nuestro trabajo 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 replicadores¹³².

¹³¹ En el original: “An interactor must *cause* replication to be differential”.

¹³² Ver *Tesis auxiliar N° 2* más adelante.

Hull además enfatiza 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 (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 112). Por otro lado, son entidades localizadas espaciotemporalmente; es decir, funcionan como individuos (*Id.* 115).

Es interesante anotar que, en relación con los conceptos de *replicador* e *interactor*, Popper tiene una aproximación aún incipiente; él habla de que, en la perspectiva evolucionista, 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 ya que “[...] all knowledge, whether inherited or acquired, is historically a modification of earlier knowledge” (Popper and Eccles, *The Self and Its Brain* 121)¹³³. Esta “instrucción de arranque” este punto de partida es, básicamente, información que se replica entre un ser vivo y su descendencia; en otras palabras, es el *replicador*. 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. “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*” (*Id.* 133)¹³⁴.

¹³³ En la versión en castellano: “todo conocimiento, sea heredado o adquirido, es históricamente una modificación de conocimiento previo” (Popper and Eccles, *El Yo Y Su Cerebro* 137).

¹³⁴ “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*”.

Regresando a Hull, puede él, con el apoyo de los dos conceptos anteriores, definir el *proceso de selección* como “aquel en el cual la extinción diferencial y la proliferación de *interactores* causa la perpetuación diferencial de los *replicadores*” (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 110). Es decir, el proceso de selección es una consecuencia de la interrelación causal de los procesos de replicación e interacción (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 48). Según Hull, una teoría amplia de la evolución basada en la selección sólo requiere entonces definir las características generales de estas dos entidades: *replicadores* e *interactores* y la manera como ambas entidades se relacionan en un juego intercausal (*Id.* 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, define Hull, 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 (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 110). Tanto los replicadores como los interactores pueden generar linajes ya que, como dijimos antes, son entidades de carácter histórico. Sin embargo Hull, a pesar de que deja entrever esta posibilidad (*Id.* 110, 128) puntualiza que, en sentido estricto, las únicas entidades que pueden formar linajes son los replicadores (*Id.* 111); los linajes son secuencias de replicadores, son entidades históricas formadas por replicación. El concepto de *Linaje* es, en esencia, un concepto genealógico. Afirma Hull 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 copia a sí misma (se replica) formando una sucesión de copias en el tiempo. La diferencia cuando se presenta el proceso de variación - selección (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” (*Ibid.*)¹³⁵. Es decir, el fenómeno evolutivo se aprecia sólo en el linaje; esto es, en la secuencia histórica.

Desde nuestro punto de vista discrepamos con 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 pues, un linaje de organismos (interactores)¹³⁶. 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.

Hull introduce entonces estos conceptos de *replicador*, *interactor* y *linaje* como términos genéricos que se refieren a tipos de entidades. Armado con tales conceptos, Hull se dedica entonces 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 operativo¹³⁷ (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 1).

¹³⁵ En el original: “However, when the interchange between replication and interaction causes lineages to change through time, the end result is evolution through selection”.

¹³⁶ Nuestras genealogías familiares son precisamente linajes de interactores.

¹³⁷ 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 (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 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* (*Id.* 113)) e incluso un organismo (*Id.* 28, 116). Ocurre algo similar con los interactores. La entidad interactora no es única y no existe una entidad interactora básica como en el caso de la entidad replicadora. Pueden realizar funciones de interacción en la evolución biológica desde los genes hasta las especies (*Id.* 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 (*Id.* 13). Además, aparecen nuevos alelos y nuevos genes por mutación.

Sin embargo, es el organismo el ejemplo paradigmático de interactivo (Hull, *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science* 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 (*Id.* 22). Es por esto que la selección es un proceso intercausal (*Id.* 23).

Nosotros consideramos que Hull se queda corto al considerar sólo 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; es ante todo un resultado mas no un actor. Estas dos entidades, replicador e interactivo, configuran, según Hull, la relación intercausal que define la dinámica de cambio en los sistemas evolutivos del tipo darwiniano. En la tesis que plantearemos, introduciremos una tercera

entidad 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.

El proceso que le falta 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. Con relación a 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; éste es la

expresión de la información genética¹³⁸. 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. Es éste 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*¹³⁹ 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 proceso¹⁴⁰. Aquí traemos a colación el primer postulado que establece Stephen Jay Gould en su análisis sobre el darwinismo; el postulado de la *Agencia*; el *locus* de la selección es el organismo individual (Gould 38). Para Darwin, ninguna otra entidad, en ningún otro nivel, está sujeta al proceso de selección (Darwin 110). Teorías posteriores, incluida la teoría del *Equilibrio puntuado* de Gould, defienden la evolución biológica a distintos niveles para cada uno de los cuales existirá una entidad diferente que es seleccionada (Gould 625)¹⁴¹. Sin embargo, para respetar el alcance de este trabajo, asumimos que el interactor se identifica, en el ámbito biológico, con el organismo individual. Este es la entidad que interactúa con su entorno. Cada interactor es una alternativa a ser probada en el proceso de acople estructural de

¹³⁸ El desarrollo ontogenético de un organismo biológico es precisamente ese proceso de expresión de la información genética contenida en la célula inicial, el huevo.

¹³⁹ Cuando hablamos aquí de *acople estructural* nos referimos tanto a *Estructura* como a *Comportamiento*.

¹⁴⁰ 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 problema* hace un recuento interesante sobre este debate (Sober and Wilson 534).

¹⁴¹ 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*.

la población biológica con el entorno; es una tentativa de solución a los problemas debidos a la falta de ese acople estructural, una punta de lanza, en expresión de Popper (Popper, *Conocimiento Objetivo* 4° Ed. 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 antes dijimos, 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 necesaria para responder esa última pregunta. Cuando en este trabajo 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 (éste sólo perturba el sistema y esta perturbación no es instructiva, aunque puede simular la instrucción)¹⁴² 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*.

¹⁴² Esta característica de la interacción sistema cognoscente autónomo y entorno, que hace que se simule la instrucción, es la que lleva a defensores de la *Teoría del Diseño Inteligente* a proclamar que ya que 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.

En el caso de la evolución de las especies biológicas, que es el ejemplo paradigmático que trabaja Hull en su propuesta¹⁴³, la entidad que se encarga de preservar las variantes seleccionadas no sólo 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)¹⁴⁴ y de propagar esas variaciones¹⁴⁵ 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 (*pool genético*) caracterizado por una determinada distribución de frecuencias de los distintos genes de la población y en 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 sexual¹⁴⁶. El ecólogo y zoólogo estadounidense Alfred Edwards Emerson (1896 – 1976) define la población seleccionable, como entidad sistémica, así: “The population [...] is an inclusive

¹⁴³ Cuando hablamos de especies biológicas, hablamos de reproducción sexual en la que la variación no es sólo mutacional sino que también ésta 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.

¹⁴⁴ 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 sólo la estructura anatómica sino también las capacidades comportamentales) (Marques-Bonet 2009).

¹⁴⁵ La forma de propagar esas variaciones es a través de la *proliferación* de los interactores. Por ello es que quisimos llamar la atención sobre esta palabra en la definición de Hull sobre el proceso de selección que presentamos con anterioridad.

¹⁴⁶ Recordemos aquí 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.

entity with emergent characteristics that transcend the summation of the attributes of component individuals” (Emerson *et al* 307)¹⁴⁷. Además, una población es un todo existente en su propio marco espaciotemporal (*Id.* 264). La población es pues, con toda propiedad, un sistema, un *individuo ecosistémico* en términos de Gregory Bateson; un individuo con una dinámica interna, autorreferente, que mantiene un conjunto de relaciones con su entorno y cambia autónomamente con base en dichas relaciones (Bateson, *pasos hacia una ecología de la mente* 482).

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

¹⁴⁷ “La población [...] es una entidad inclusiva con características emergentes que trascienden la suma de los atributos de los individuos componentes”.

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 en ese proceso: 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. Estas tres entidades forman parte indisoluble de un sistema cognoscente autónomo, una entidad histórica que las cobija y que cambia en el tiempo y evoluciona, que explora de manera constante alternativas (Mejía 136) de solución a los problemas debidos a sus 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.

Reformulando a Popper

Vamos ahora, a partir de los conceptos anteriores, 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 sólo refleja la segunda de tales fases; la crítica. 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*” (Popper, *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 226).

Es decir, Popper es, tanto en biología como en ciencia, un emergentista.

Si Popper hubiese diferenciado los ámbitos de *Asimilación* y *Reestructuración cognoscitiva* que previamente definimos en este trabajo, 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 Schön¹⁴⁸. 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* corresponde al ciclo simple de aprendizaje y el ámbito de *Reestructuración cognoscitiva* corresponde al ciclo doble de aprendizaje. La asimilación es una especie de 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

¹⁴⁸ Conservamos la terminología en inglés utilizada por Argyris y Schön en su diagrama.

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 –el pelaje– de los individuos de la población y, por tanto, de la población misma. La población, como un todo, como sistema cognoscente, se ajusta de forma plástica a las condiciones del ambiente¹⁴⁹.

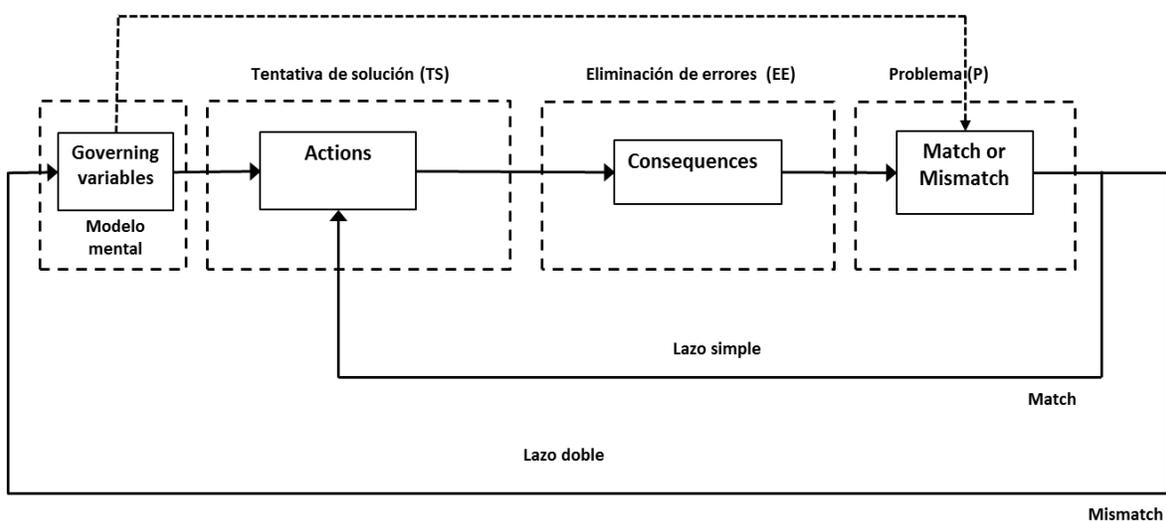


Figura 3.1 El ciclo popperiano reflejado sobre el doble ciclo de aprendizaje de Argyris y Schön

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

¹⁴⁹ De todas formas, como antes anotamos, 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 (Popper, *A World of Propensities* 35).

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. Cambió la relación de frecuencias entre los genes responsables del color blanco en el pelaje y aquellos responsables del color pardo. Y no sólo eso, sino que también cambiaron genes y redes genéticas relacionadas con metabolismo y 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 antes dijimos, al conjunto de genes y a los patrones de relación entre ellos que conforman el genoma de una población de organismos de la misma especie¹⁵⁰.

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 entre

¹⁵⁰ 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.

ambos¹⁵¹. 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 *Información* y por *Conocimiento*.

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 una base genética como resultado de las interacciones pasadas de la especie con ese entorno, así como con su pasada historia individual de interacciones 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 aquí resaltar 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 genera un cambio en el organismo interpretante decimos que existe un flujo informacional. Es esto lo que queremos decir cuando decimos 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 ambos¹⁵².

Para el caso de la comunicación entre seres humanos, la coordinación de comportamientos está mediada normalmente por un lenguaje basado en un código compartido¹⁵³. La información, en este caso y siguiendo al filósofo húngaro Michael Polanyi (1891 – 1976), es *conocimiento explícito* que es aquel conocimiento que puede expresarse a través de un lenguaje formal codificado; es

¹⁵¹ 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 (Wuketits 1986).

¹⁵² Esta coordinación de comportamientos es más clara e inmediata entre un organismo o una población de organismos y su entorno biótico.

¹⁵³ 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.

decir, con palabras, números y, en general, símbolos y sus reglas de relación y puede transmitirse y compartirse fácilmente, en forma de datos, fórmulas científicas, procedimientos codificados, planos, mapas, partituras musicales 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 conformarán el artefacto 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 la 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* (Polanyi, *The Tacit Dimension* 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 conocimiento íntimo que tiene de la situación¹⁵⁴. 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; “[We] know more than we can tell” (*Ibid.*)¹⁵⁵. Podemos conducir un automóvil, sabemos que tenemos ese conocimiento, pero nos vemos imposibilitados de transmitirlo a alguien que no sepa conducir, sólo 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 comunicable¹⁵⁶ es, entonces, *Información* (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 sólo cuando el sistema cognoscente es capaz de exhibir las funciones superiores del lenguaje (la función descriptiva y la función argumentadora que Popper define como las funciones del lenguaje que posibilitan la ciencia (Popper, *Conocimiento Objetivo* 281)). Es decir, la clase de información que es conocimiento explícito y que se comunica a otros mediante un lenguaje basado en símbolos codificados sólo se presenta naturalmente en el nivel de los seres humanos¹⁵⁷. Esto hace que lo que hemos llamado la estructura cognoscitiva en los humanos (su modelo mental del mundo) sea una combinación de conocimiento

¹⁵⁴ Los expertos japoneses en teoría organizacional Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi tratan ampliamente el tema de los conocimientos tácito y explícito como generadores de valor en las organizaciones empresariales (*Cfr.* Nonaka and Takeuchi 1999).

¹⁵⁵ “Sabemos más de lo que podemos contar”.

¹⁵⁶ 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 la función descriptiva del lenguaje.

¹⁵⁷ 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 *ex profeso* para esa comunicación.

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 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; ésta “sale” sin ser pensada. Los directores técnicos llaman a esto un *automatismo*, pero una forma de verlo es como una expresión de un conocimiento tácito colectivo. No es un solo jugador el que tiene el conocimiento; 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; sólo 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 decir es que, o bien se ajusta de manera plástica (lo que hemos llamado *asimilación*) 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” (Varela, "Haciendo camino al andar" 50); es decir, la estructura cognoscitiva del sistema determina su conducta y, por ende, su acción sobre ese entorno. Dice Varela: “Veamos el sistema como un sistema perceptivo autónomo: una colección de estructuras activas que se autocorrijen, capaces de informar (o determinar) su entorno circundante en un mundo, a través de una historia de acoplamiento estructural con él” (*Id.* 51).

Concluimos del anterior análisis que el conocimiento propiamente dicho, el conocimiento incorporado como estructura en el sistema es *conocimiento tácito*. Forma parte del ser del sistema y determina su comportamiento. Como afirma Peter Senge, la estructura (cognoscitiva) del sistema determina su conducta (Senge 103)¹⁵⁸. El proceso de incorporación de ese conocimiento, que se da mediante un acople estructural sistema - entorno es, entonces, un proceso de aprendizaje¹⁵⁹. Pero, es importante aclarar, esa estructura cognoscitiva *no* es una representación del entorno. Éste no se ve, por así decirlo, reflejado en el sistema. Es el sistema quien construye esa estructura de acuerdo a 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

¹⁵⁸ 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 su libro *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* se encuadra en el marco del pensamiento sistémico.

¹⁵⁹ 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.

conocimiento fuese una mera representación del entorno¹⁶⁰. 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 él 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 un problema. Sin embargo, si el mundo se comporta de manera distinta a la que esperamos, nos damos cuenta de que tenemos un problema y de que tenemos que cambiar nuestro modelo del mundo, nuestra estructura cognoscitiva, para resolver dicho problema. “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” (Popper, *A World of Propensities* 31)¹⁶¹.

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?

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 paso consiste en incorporar, al esquema que venimos

¹⁶⁰ Para una discusión más amplia sobre este punto consultar el artículo de Francisco Varela “Haciendo camino al andar” (Varela 47 - 62).

¹⁶¹ “Nuestro conocimiento inconsciente tiene a menudo el carácter de expectativas inconscientes y, algunas veces, podemos ser conscientes de haber tenido tales expectativas cuando ellas se muestran erróneas”.

trabajando, los conceptos de replicación e interacción que estudiamos con David Hull complementados con el concepto de estructurador cognoscitivo que, mostramos, 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 éste como una alternativa, una propuesta de solución (tentativa de solución en términos popperianos) que puede incrementar la probabilidad de una relación coherente (armónica) entre el sistema y el entorno. En la medida en que se incremente esta coherencia, se incrementa 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 (el replicador) 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 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 exitoso (eliminación de errores en la terminología popperiana). Esto es lo que Darwin denominó *selección natural*. Ahora bien, ¿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.

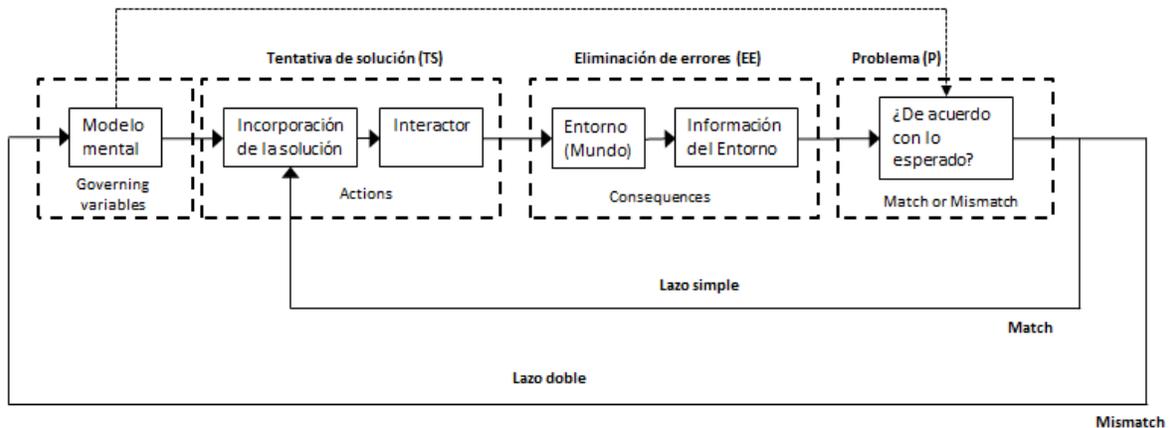


Figura 3.2 Los componentes de la acción en términos de replicación e interacción

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 con nuestra tesis. 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* antes expuesta. Este filósofo, igual que Popper, no diferencia entre una dinámica de asimilación y una de reestructuración cognoscitiva. Su teoría no considera la dinámica que lleva a conservar 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 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. La distribución de frecuencias de los replicadores en la población, así como el patrón de relación entre los mismos (el acervo genético en el caso de los genes) 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.

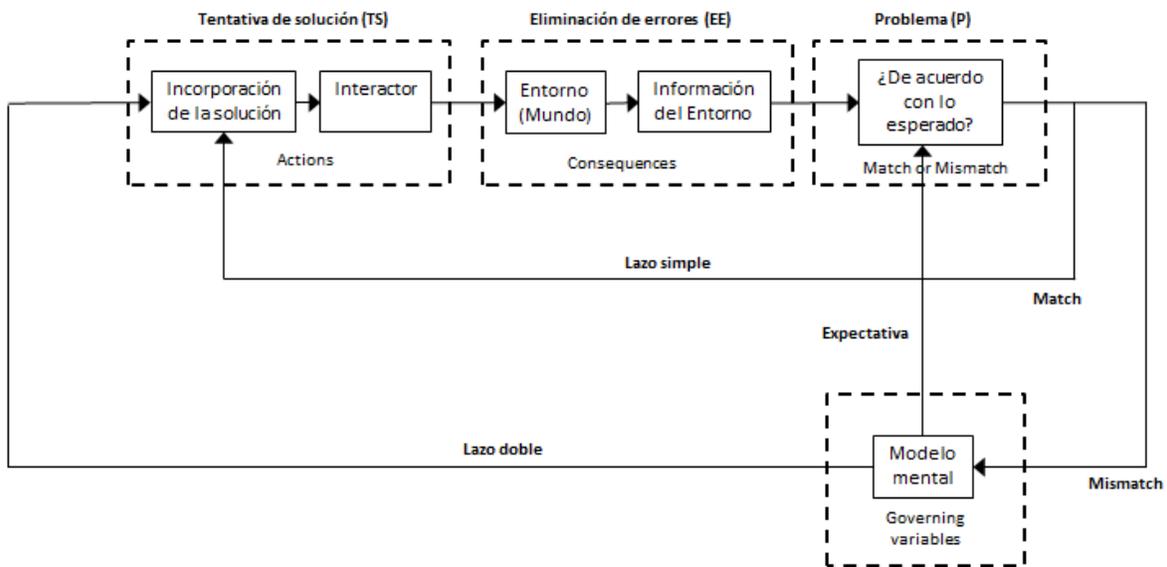


Figura 3.3 El doble lazo en el Ciclo de generación de valor¹⁶²

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; el bloque o componente de Modelo mental (*Governing variables*) lo trasladamos

¹⁶² 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.

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 conceptivo del mundo* (Lorenz 21)). Ese proceso de percibir el mundo y actuar sobre él, propio del sistema cognoscente autónomo gracias a las capacidades 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 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, pone 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 entorno¹⁶³.

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 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 armónicos con ese medio. No hablamos aquí de que los sistemas cognoscentes autónomos estén orientados a fines; lo decimos sólo para indicar que el resultado final de todo el ciclo podría aumentar la efectividad del acople estructural entre sistema y medio; es decir, reducir el “Mismatch” de Argyris. Esto se logra cuando la diferencia entre *expectativa* e *información del entorno* es pequeña y, por tanto, no existe *problema*. Sólo se requieren pequeñas variaciones plásticas en el sistema para lograr un mejor acople estructural con el entorno¹⁶⁴ y no se hace necesario, por tanto, cambiar el sistema de expectativas (la estructura cognoscitiva) del sistema cognoscente. Cuando sistema y entorno están acoplados (o casi acoplados) estructuralmente, la dinámica de cambio del sistema se da sólo 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

¹⁶³ Este “buscar una relación más armónica con su entorno” debe entenderse no, en su sentido metafórico, como una acción consciente del sistema orientada a fines, sino como un resultado probable entre muchos otros posibles.

¹⁶⁴ 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 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.

la plasticidad del mismo 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). 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 (dejará de existir)¹⁶⁵. 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 en las relaciones de frecuencia de los distintos genes, así como un cambio en el patrón de relaciones entre los genes en el genoma de la población¹⁶⁶. El genoma es, como ya habíamos indicado en este trabajo 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 el proceso de incorporación de la solución (la generación de la alternativa, el interactor de Hull) es un proceso ontogenético y en él se realiza la función de *variación-replicación-expresión* que definimos con anterioridad en este texto. En el caso de los organismos biológicos de linaje biparental, esa variación es, específicamente, una variación epigenética como ya anotamos; es decir, una variación que se da *durante* el proceso de construcción del interactor (la ontogenia). Debemos aclarar que en estos casos la variación genética, propiamente dicha, 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 de la

¹⁶⁵ 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.

¹⁶⁶ 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.

concepción o mediante cualquiera otro de los procesos de variación genética descubiertos por los biólogos. Este tipo de variación (variación genética) ocurre, en nuestro esquema general de la figura 3.3, directamente en los patrones de organización del modelo mental (la estructura cognoscitiva del sistema cognoscente autónomo). Recordemos que el modelo mental tiene una función mnemónica; es decir, una función de *registro* con reorganización; o, lo que es lo mismo, de preservación de los patrones resultantes del acople estructural entre el sistema y su entorno que resultaron de las 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 y la reestructuración equivale, como ya hemos dicho, a la reorganización del patrón de frecuencias y del patrón de relaciones de estos genes en el genoma. Además, la dinámica poblacional proporciona los mecanismos para propagar estas reorganizaciones estructurales.

Una cosa es, entonces, la estructura cognoscitiva o *modelo mental* del sistema cognoscente autónomo y otra muy distinta es el estructurador cognoscitivo. Este último se identifica con el sistema cognoscente (la población de organismos en el caso biológico) y es la entidad (unidad de acción) responsable de la función de *registro-estructuración cognoscitiva-propagación*; es el generador de la variación en la estructura cognoscitiva.

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. Es el interactor la entidad sometida al proceso de selección. Es esta entidad la que es eliminada si no se acopla estructuralmente, 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. Sólo los interactores que sobreviven al proceso de selección pueden dejar registro en la estructura cognoscitiva (el modelo mental) 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 y retención selectiva. Fijémonos que eliminamos la palabra “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. 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.

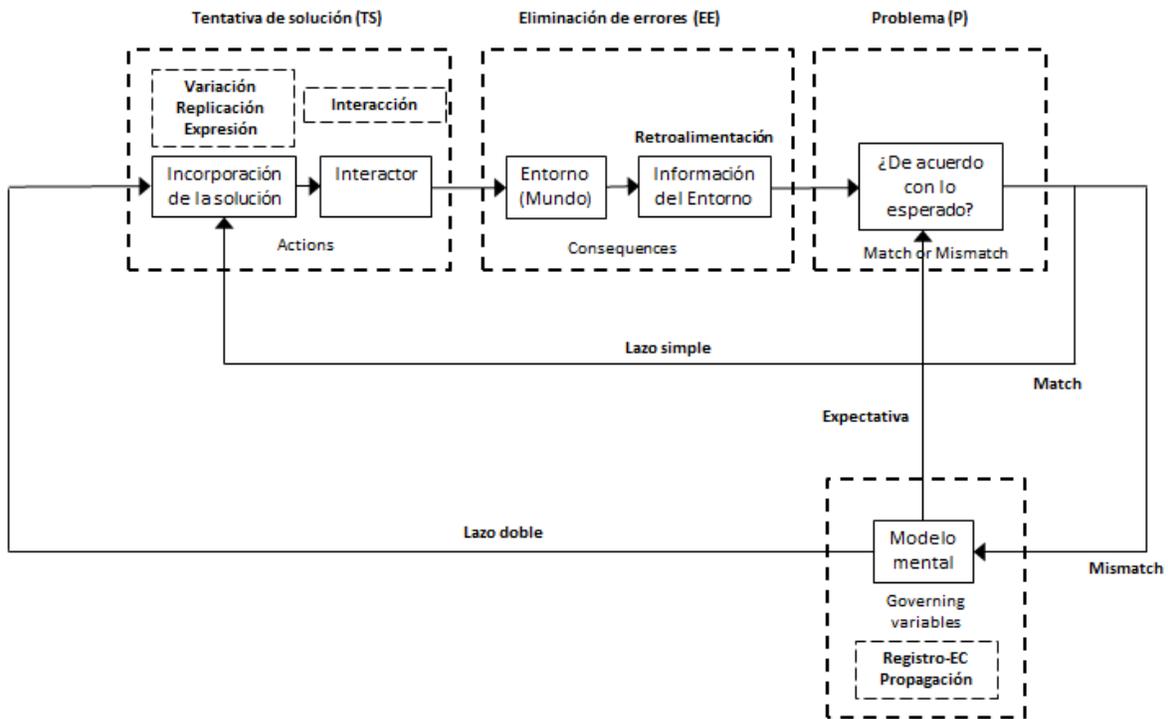


Figura 3.4 El Ciclo de generación de valor con las funciones de la dinámica de acople estructural

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. Allí, recordemos, el gen es la unidad de acción sobre la que se da la función de variación-replicación-expresión. La variación 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).

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 también puede ocurrir una variación. En este caso es una variación epigenética como postula la teoría de la EVO-DEVO 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.

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.

El diagrama de la figura 3.5 es el mismo diagrama de la figura 3.4 (el ciclo popperiano replanteado) “traducido” a términos de la dinámica evolutiva biológica.

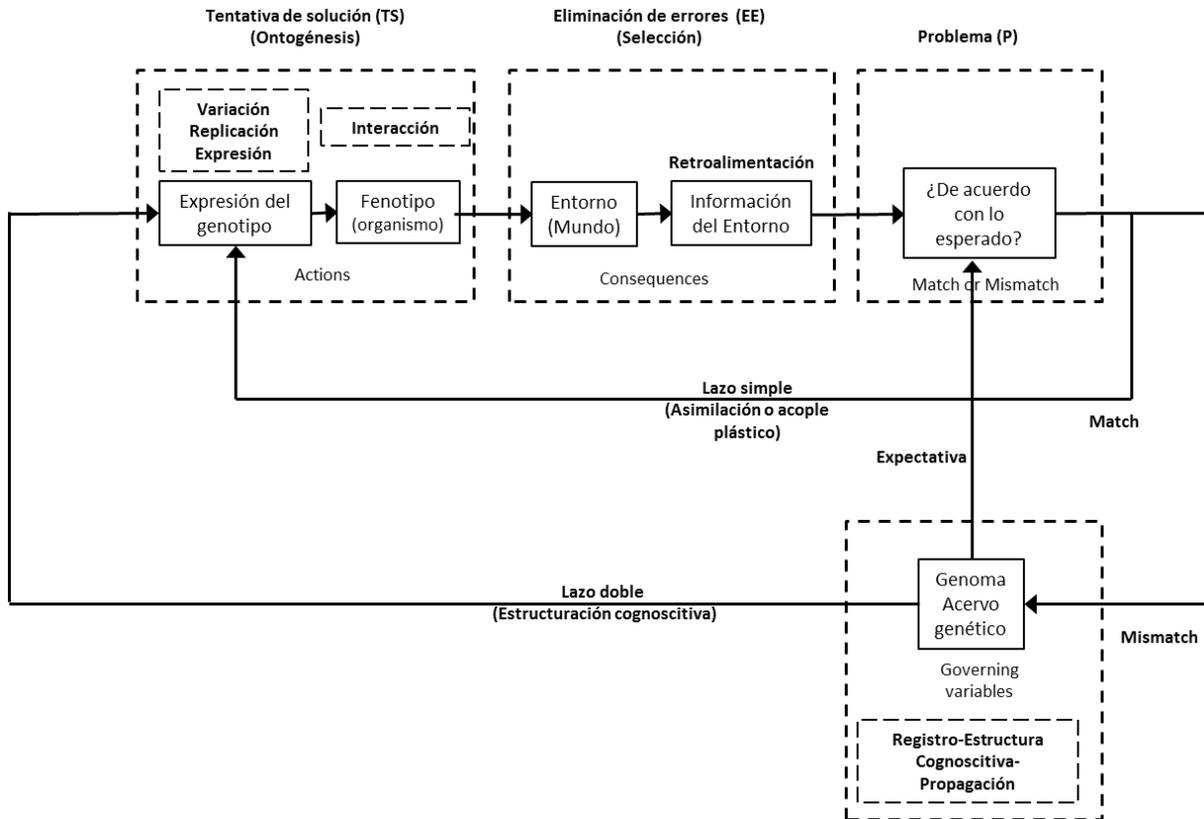


Figura 3.5 El Ciclo popperiano reformulado para el caso de la evolución biológica

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 sólo 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 sólo 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.

Con lo anterior hemos avanzado una respuesta a una pregunta planteada con anterioridad, cuando expusimos los conceptos de causación ascendente y causación descendente:

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 documento 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 argumentado, dedicaremos el capítulo 5 para mostrar la pertinencia de esa tesis para el caso del desarrollo de la ciencia.

Con lo expuesto en este capítulo consideramos que podemos dar respuesta a una pregunta planteada en el capítulo 1: ¿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 a una propuesta de teoría. Por otro lado, la selección por el ambiente externo al organismo es una contrastación externa análoga a la contrastación 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?

Introducción

Luego de que Darwin publicara su teoría de la evolución de las especies biológicas por selección natural, 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: *Why is Economics not an evolutionary science?* (Veblen 1898) en el que planteó que el desarrollo de la Economía podría explicarse mediante los principios darwinianos¹⁶⁷. Posteriormente el economista austriaco Joseph Schumpeter (1883 – 1950) propuso en su libro *Capitalism, Socialism and Democracy* (Schumpeter 82) que el desarrollo del Capitalismo era básicamente un desarrollo evolutivo en el sentido darwiniano. Incluso el economista y filósofo austriaco Friedrich Hayek (1899 – 1992) en su artículo “Notes on the Evolution of Systems of Rules of Conduct” publicado en 1967 como capítulo cuarto de su libro *Studies in Philosophy, Politics and Economics* (Hayek 66 - 81) utilizó la metáfora evolucionista para describir el desarrollo económico.

Sin embargo fue el libro *An Evolutionary Theory of Economic Change* de Richard Nelson y Sydney Winter el que finalmente impuso el término *Economía evolucionista* en la jerga de los economistas (Nelson and Winter 1982). Estos pensadores pueden pues 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

¹⁶⁷ 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” (Hodgson 2008).

de homología. La lógica darwiniana rige el cambio en las organizaciones humanas y es a nivel de 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, como ya vimos, por David Hull¹⁶⁸.

Para Nelson y Winter las rutinas empresariales son los patrones regulares y predecibles de comportamiento que hacen en las empresas el papel de 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 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 (Nelson and Winter 14)¹⁶⁹.

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 (Stoelhorst and Huizing 15). El conocimiento, para Stoelhorst y Huizing es el que posibilita el comportamiento funcional (*Id.* 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

¹⁶⁸ 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 (Pelikan 2009).

¹⁶⁹ La traducción es nuestra y los corchetes también. Se colocan para hacer más claro el texto.

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 (*Ibid.*). 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 trabajo.

Además, aducen estos autores, que la posición de Nelson y Winters les quita a los individuos el rol de ser el *locus* de la información¹⁷⁰ requerida para configurar el comportamiento organizacional (Stoelhorst and Huizing 16). Es decir, los individuos dejan de ser los agentes del cambio con base en su conocimiento tácito.

Para Stoelhorst y Huizing el conocimiento productivo, en las compañías, es el resultado del aprendizaje organizacional; el aprendizaje es un proceso y el conocimiento es 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*¹⁷¹. 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. “The relative

¹⁷⁰ Aquí el término “Información” que utilizan estos autores se refiere a la conjunción de lo que en este trabajo hemos denominado conocimiento explícito y conocimiento tácito.

¹⁷¹ 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, argumentamos 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 (Maturana and Varela, *De Máquinas Y Seres Vivos* 71).

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” (Stoelhorst and Huizing 11)¹⁷². Es claro que lo que estos autores llaman *códex* no es otra cosa que lo que hemos denominado *Estructura cognoscitiva* en este trabajo: 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 individuos¹⁷³. 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 tanto la teoría expresada como la teoría usada que rigen el comportamiento de tales organizaciones.

Concluyen Stoelhorst y Huizing, 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. “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

¹⁷² “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 incrementa”.

¹⁷³ Recordemos 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.

that work are retained” (Stoelhorst and Huizinga 24)¹⁷⁴. 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 formas, la fuente de toda variación en las empresas está siempre en los individuos que las conforman (*Id.* 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 lamarckiano (*Id.* 7).

Popper, no refiriéndose 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, “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 sólo controlan, sino que además ensayan *deliberadamente*” (Popper, *Conocimiento Objetivo 4º Ed.* 232).

Vamos a destacar en estas consideraciones de Popper tres cosas. La primera se refiere a la afirmación que hace Popper en el sentido de que nosotros examinamos mentalmente las conductas que proponemos 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

¹⁷⁴ “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 de la firma de tal manera que aquellos cambios que funcionan son retenidos”.

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 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 como ya dijimos, mediante sus comportamientos que las organizaciones humanas interactúan, exitosamente o no, con su entorno.

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 éstos bajo la definición de David Hull.

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, 1988, p. 408)¹⁷⁵ 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 (Hodgson and Knudsen 283)¹⁷⁶.

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 sólo que lo que fluye y se intercambia, en lugar de nutrientes, es dinero.

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 trabajo 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.

Primero que todo, como ya expusimos con anterioridad, un interactor no tiene la misma connotación que un vehículo pues éste es, en términos de Dawkins, una entidad pasiva que sólo sirve de transportador (*carrier*) de los replicadores. Un interactor es (y en eso respaldamos las tesis de Hull) una entidad activa que participa en el flujo intercausal responsable de los procesos evolutivos de los

¹⁷⁵ La definición de Hull citada por Hodgson y Knudsen en su libro *The firm as an interactor* dice así: "Interactor: an entity that interacts as a cohesive whole with its environment in such a way that this interaction causes replication to be differential" (Hull, *Science as a Process* 408). En nuestra traducción: "Interactor: es la entidad que interactúa como un todo con su entorno de tal manera que, con tal interacción, causa que la replicación sea diferencial.

¹⁷⁶ 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 en este dominio tiene las consecuencias siguientes: de la interacción entre un interactor con su entorno, depende el destino de sus replicadores constituyentes.

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 interactivo no es más que 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 *muera* el sistema cognoscente, sino que sólo *muera* 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 interactivos 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 interactivo? ¿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? y que vamos a tratar de responder ahora. Para ello 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 “the planning for unpredictable contingencies about which fragmentary information is available, where the behavior of others is taken into account, can be called strategy” (Haynes and Massie 147)¹⁷⁷.

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 “Competitive strategy is the *search for a favorable competitive position* in an industry, the fundamental arena in which competition occurs” (Porter 26)¹⁷⁸. 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 organizacionales 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 pueden ser, también, patrones que emergen, a menudo inconscientemente, de comportamientos pasados (Mintzberg and Waters 258). Esto está en perfecto acuerdo con la visión postulada por Argyris y Schön, que ya expusimos en este trabajo, en el sentido que las decisiones en

¹⁷⁷ “La planeación de contingencias impredecibles acerca de las cuales sólo se dispone de información fragmentaria y donde se tiene en cuenta el comportamiento de los otros [actores] puede ser llamada *estrategia*”.

¹⁷⁸ “La estrategia competitiva es la búsqueda de una posición competitiva favorable en una industria, la arena fundamental en la que se da la competencia”. En esta cita las cursivas son nuestras.

una empresa se toman no sólo 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” (Mintzberg 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 éste 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 and Ramaswamy 113). Una empresa no crea un producto o un servicio para el cliente; crea un espacio, una red 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. ¿Cómo un patrón de acción colectivo puede ser inconsciente? La respuesta nos la da el pensador del aprendizaje organizacional estadounidense Peter Senge (1947) 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* (Senge 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. Sólo 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.

Las organizaciones humanas: sistemas cognoscentes autónomos

Si las estrategias son los comportamientos de la organización, 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 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 (Beinhocker 170). Con esto 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 definidos 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:

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 new adaptations, or experiments, constantly emerging. Likewise, businesses should cultivate evolving populations of strategies, much as [Apple, Google and Microsoft do] (Beinhocker 169)¹⁷⁹.

Y agrega, continuando con la analogía: “To understand how to frame strategies in the business world, replace *species* with *company* and *gene combinations* [organisms] with *business strategies*” (Beinhocker 170)¹⁸⁰. 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

¹⁷⁹ 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].

¹⁸⁰ “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”.

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 de las especies biológicas como argumenta Beinhocker. 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)¹⁸¹. Éste propuso, en un artículo clásico de 1932¹⁸², un mecanismo distinto, pero, según él, complementario con el 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*¹⁸³.

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 permanencia (supervivencia). Esos lugares de alta

¹⁸¹ Beinhocker también utilizó esta metáfora en su análisis.

¹⁸² *The roles of mutation inbreeding crossbreeding and selection in evolution* (Wright 1932).

¹⁸³ 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*.

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.

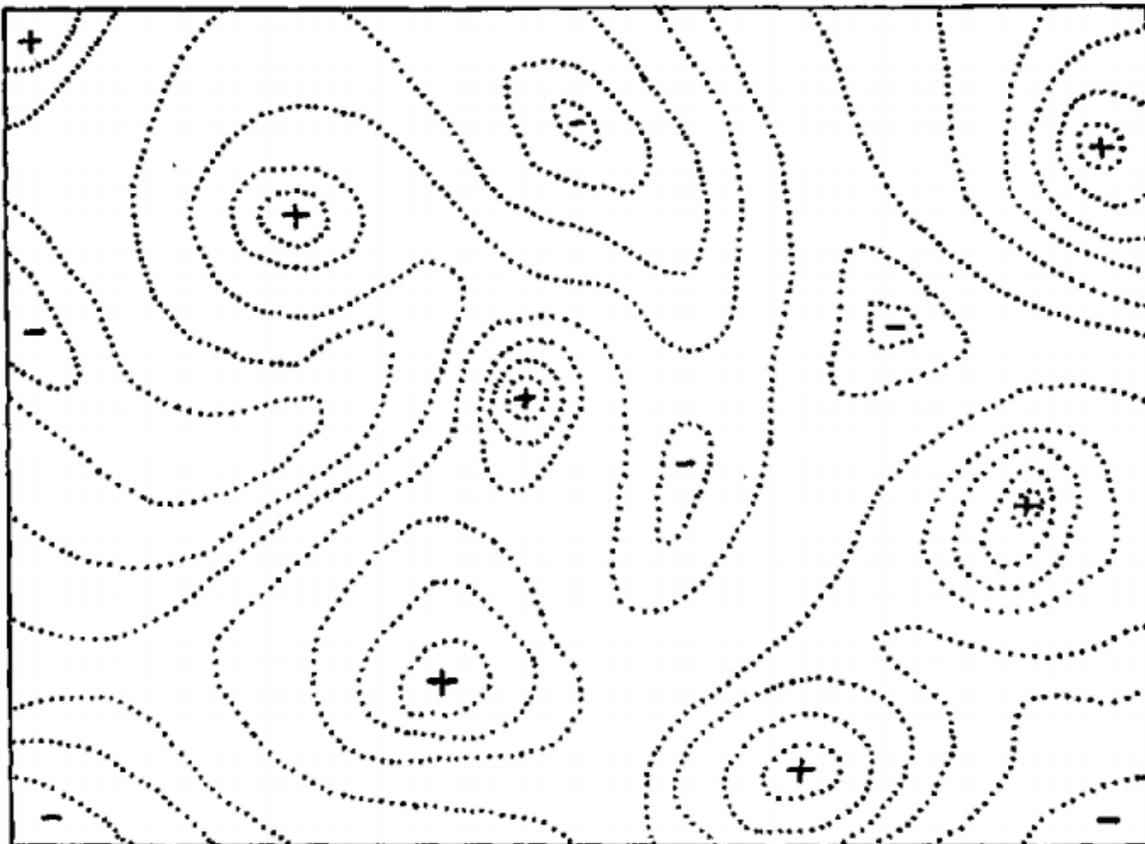


Figura 4.1 Paisaje adaptativo según Sewall Wright (Wright 358)

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.

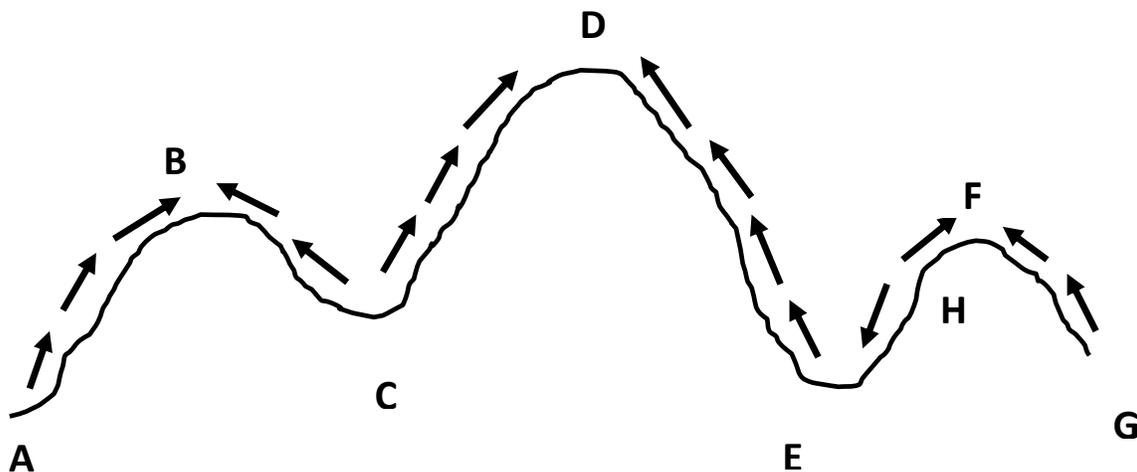


Figura 4.2 Corte transversal del paisaje adaptativo de Wright

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 o de otro tipo 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 disminuyera,

reflejándose 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 humano¹⁸⁴. Sería mejor no tenerla que tenerla, sin embargo, un fenotipo con apéndice reducido está en desventaja con relación a otro con ese órgano normal ya que la reducción del tamaño de dicho órgano conlleva a una mayor predisposición a infecciones y, por ende, a una mayor amenaza para la vida. En este caso, tener apéndice equivale a estar en un pico adaptativo; no tenerla 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, éstas lanzan diferentes estrategias para explorar regiones tanto cercanas como lejanas de su paisaje adaptativo que es, en este caso, el mercado¹⁸⁵. 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, en general, para los sistemas cognoscentes autónomos como sigue:

¹⁸⁴ Este ejemplo se tomó del artículo de Andrew Hendry *et al* titulado *Evolutionary principles and their application* (Hendry 167).

¹⁸⁵ 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”.

1. Estos sistemas experimentan constantemente buscando nuevos y mejores picos adaptativos. Este “experimentar” consiste en lanzar constantemente 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 eliminar 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 competitivas¹⁸⁶.
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, a acople plástico de los organismos de la población a pequeñas variaciones en el entorno 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

¹⁸⁶ 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* (Kim and Mauborgne 2008). Un ejemplo de Océano Azul se dio en el caso del famoso Circo del Sol donde esta compañía canadiense reinventó la forma de hacer circo.

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), la mayoría en el 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: “In an uncertain world, strategy is really about creating options and opening up new choices, not shutting them down” (Beinhocker 173)¹⁸⁷. 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 sistemas¹⁸⁸. 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 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 sólo 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) si quiere aumentar las probabilidades de permanecer en la existencia y no sólo eso, sino también de crecer para posicionarse cada vez mejor; es decir, para alcanzar picos adaptativos de mayor altura.

¹⁸⁷ “En un mundo incierto, la estrategia consiste realmente en crear opciones y abrir nuevas posibilidades en lugar de cerrarlas”.

¹⁸⁸ La dinámica de sistemas es un método para analizar y modelar sistemas complejos en los que los lazos de retroalimentación en los que se 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 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 (Aracil 1978).

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

Dominio	Sistema cognoscente autónomo	Interactor
Evolución biológica	Población biológica	Organismo
Desarrollo empresarial	Empresa ¹⁸⁹	Estrategia

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

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.

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*¹⁹⁰. Estos tres procesos siempre se ejecutan sobre la misma entidad que, en el dominio de la

¹⁸⁹ 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” (Bergh and Stagl 289).

¹⁹⁰ Los distintos autores investigados, que tratan este tema, se centran sólo 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.

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?¹⁹¹

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 las cosas de manera eficiente en la organización (Nelson and 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 (Lorenz 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 (Stoelhorst and Huizing 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

¹⁹¹ 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 sólo una tonada de esa canción; puede ser un libro o sólo una frase que se cita de ese libro; puede ser una rutina que se ejecuta en un proceso industrial; en fin, puede ser mil cosas y, por tanto ninguna. Por eso no lo utilizaremos como parte de nuestra argumentación.

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, en la que 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 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 organización¹⁹².

Los conceptos de *conocimiento tácito* y *conocimiento explícito* los desarrolló, como ya indicamos en este trabajo, el filósofo húngaro Michael Polanyi (Polanyi 1967). Tales conocimientos están incorporados en los recursos de conocimiento con que cuenta toda organización humana.

¹⁹² 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.

Estos recursos los podemos agrupar en cuatro categorías. La primera categoría abarca aquellos conocimientos, la mayoría tácitos, que tienen los miembros de la organización. Se deben pues a la experiencia personal de cada uno, acumulada a través de sus años 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 sólo se expresa en la decisión tomada y en la acción ejecutada. 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.

La segunda categoría abarca todos los recursos de conocimiento explícito con que cuenta la organización. Entre estos están los materiales orales y escritos y los documentos gráficos almacenados en algún tipo de medio físico, 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 organización¹⁹³. Tales arquetipos son estructuras compartidas de pensamiento, algunas de origen biológico pero la mayoría de las veces de origen cultural¹⁹⁴ 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 *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 la misma 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 conocimiento¹⁹⁵ 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

¹⁹³ El arquetipo sistémico de Senge puede, en cierta forma, participar de la naturaleza de los arquetipos del inconsciente colectivo tal como los definió el sicólogo suizo Carl Gustav Jung en su libro *Arquetipos e inconsciente colectivo* (Jung 12).

¹⁹⁴ El filósofo de la ciencia 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 En Serio* 185).

¹⁹⁵ Estos bloques de construcción de conocimiento son configuraciones conceptuales que tienen un sentido (tácito o explícito) para la acción efectiva en las organizaciones humanas.

combinar -igual que los genes y los trozos de ADN en los organismos vivos- en una variedad de maneras; se pueden dividir o multiplicar y se pueden recombinar de formas distintas y se pueden replicar para hacerse más comunes que otros bloques en la cultura de la organización¹⁹⁶.

¿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 71)¹⁹⁷. Nosotros afirmamos con Gregory Bateson que la idea es realmente la expresión de una diferencia; “una diferencia que hace la diferencia” (Bateson 301). Una idea es pues *una posibilidad* de variación o reacomodación de uno o más de estos bloques de construcción 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 como conceptos en el seno de la organización. Sin embargo, la historia muestra también el ejemplo de muchos individuos geniales que conectaron diferentes conceptos existentes para crear algo nuevo: un invento, una teoría científica o una nueva forma de hacer las cosas¹⁹⁸. Thomás Alba Edison, Albert Einstein y Joseph Lister¹⁹⁹ son

¹⁹⁶ El método TRIZ (sigla en ruso para “Teoría para resolver problemas de inventiva”), desarrollado por el escritor ruso Genrich Altshuller en 1946 (Altshuller 1996), promueve una 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.

¹⁹⁷ 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.

¹⁹⁸ 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

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.

Con relación a 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 presentaron en su libro *La organización creadora de conocimiento* (Nonaka and Takeuchi 1999), 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 al que denominan *Ciclo epistemológico del conocimiento* en una organización y que, abreviadamente, se conoce como ciclo CESI (en Castellano) por las siglas de los procesos involucrados. Este ciclo se ilustra en el diagrama de la figura 4.3.

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 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 que utilizaba una plancha de madera sobre la que se gravaban 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 es 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* (Getz and Robinson 32).

¹⁹⁹ Este médico inglés (1827 – 1912) introdujo en los hospitales los procedimientos de la asepsia para eliminar las bacterias.

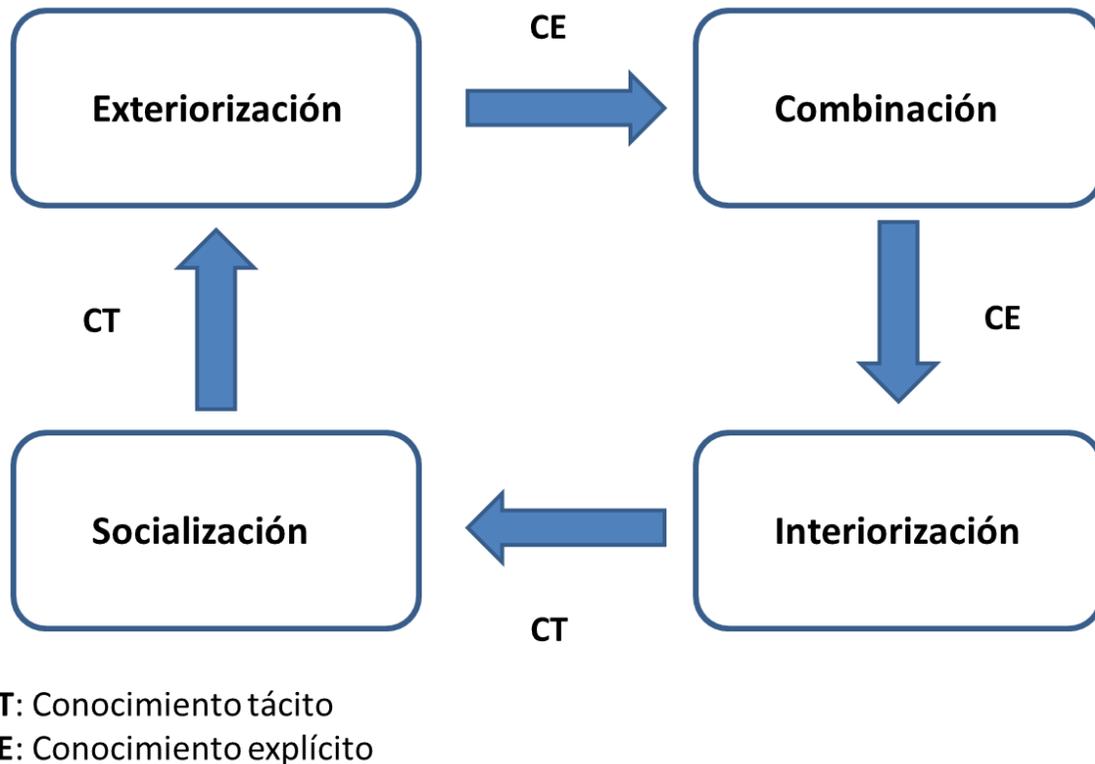


Figura 4.3 El proceso de replicación del conocimiento

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 que puede 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 (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 veíamos, 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 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 una respuesta ahora. Para hacerlo vamos a plantear la pregunta de otra forma: ¿cómo se 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 sólo 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 interactor 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 internos en todos los aspectos técnicos y funcionales, actividad en la que puede darse incluso el rechazo y terminación anticipada del proyecto. Luego del momento en que se genera la idea esta debe ser primero concretada 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. Sólo aquellas iniciativas estratégicas que pasen exitosamente todos los filtros internos podrán ver la luz como estrategias de acción²⁰⁰; 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 es, por tanto, un proceso análogo a la ontogénesis 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 positiva²⁰¹. 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, un diseño ergonómico exitoso dará lugar a que este diseño sea también utilizado en otros modelos de avión. En esta

²⁰⁰ 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.

²⁰¹ 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.

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 ciencia²⁰², 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 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)²⁰³. Podemos decir entonces que *una estrategia es seleccionada por el entorno y, sólo 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 en el pico adaptativo que actualmente ocupa en ese entorno o a realizar saltos evolutivos que la transporten a nuevos y mejores picos adaptativos.

²⁰² 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 258).

²⁰³ Esta dinámica de cambio es análoga a la evolución gradual darwiniana (innovación incremental) y al salto evolutivo disruptivo (innovación radical).

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* de tales sistemas cognoscentes autónomos. 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* 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.

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, 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 no más 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.

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 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 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 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 (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 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 estrategias 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 (National Aeronautic and Space Administration) 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 sólo 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 en el futuro (o cómo no hacerlo)²⁰⁴. Este fue un caso excepcional. Normalmente las organizaciones humanas aprenden no tan traumáticamente.

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 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

²⁰⁴ 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* (NASA 1986).

medida en que las perturbaciones del entorno no determinan su comportamiento sólo 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* (Maturana and Varela, *De máquinas y seres vivos* 53)²⁰⁵. 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; es decir, 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 que, a nivel social y antropológico, cultura e identidad son conceptos indisociables. Dice él:

Nuestra identidad sólo 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 (Giménez, "La cultura como identidad y la identidad como cultura" 1).

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

²⁰⁵ La clausura operacional es la propiedad que tienen los sistemas autopoieticos 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 and Varela, *El Árbol Del Conocimiento* 59).

situaciones. Ese núcleo de personas comparte una cultura que lo identifica y lo hace distinto a otros grupos sociales; a 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. 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 sólo 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 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 conjunto social" (Giménez, *Materiales Para Una Teoría de Las Identidades Sociales* 8). Una organización humana es, además, no sólo 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:

Tesis auxiliar N° 7: *La organización humana, como ecosistema de conocimiento, es el estructurador cognoscitivo; es decir, la entidad que realiza la función de registro-estructuración_cognoscitiva-propagación. El producto de la dinámica de tal ecosistema; lo que se registra (tácita o explícitamente), se reestructura y se propaga es la estructura cognoscitiva de la organización (su modelo mental o ADN corporativo). Esta estructura es un sistema complejo²⁰⁶ compuesto por las que hemos llamado configuraciones de conocimiento y en ella se refleja la historia de interacciones entre la organización y su entorno²⁰⁷.*

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 interactor 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 (registro). Las configuraciones de conocimiento, como ya indicamos, forman 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 240). 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

²⁰⁶ 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.

²⁰⁷ El ADN corporativo u organizacional es el análogo de lo que, en biología, llamamos el genoma de la población biológica.

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.

Dominio	Evolución biológica	Desarrollo empresarial
Sistema cognoscente autónomo	Población biológica	Organización humana (empresa)
Estructura cognoscitiva	Genoma de la población	Ecosistema de conocimiento
Proceso	Unidad de acción	
Variación-Replicación-Expresión	Gen	Configuración de conocimiento
Interacción	Organismo individual	Estrategia de acción
Registro-Estructuración cognoscitiva-Propagación	Población biológica	Organización humana (empresa)

Tabla 4.2 Analogía completa entre los dominios de la evolución biológica y del desarrollo empresarial

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 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.

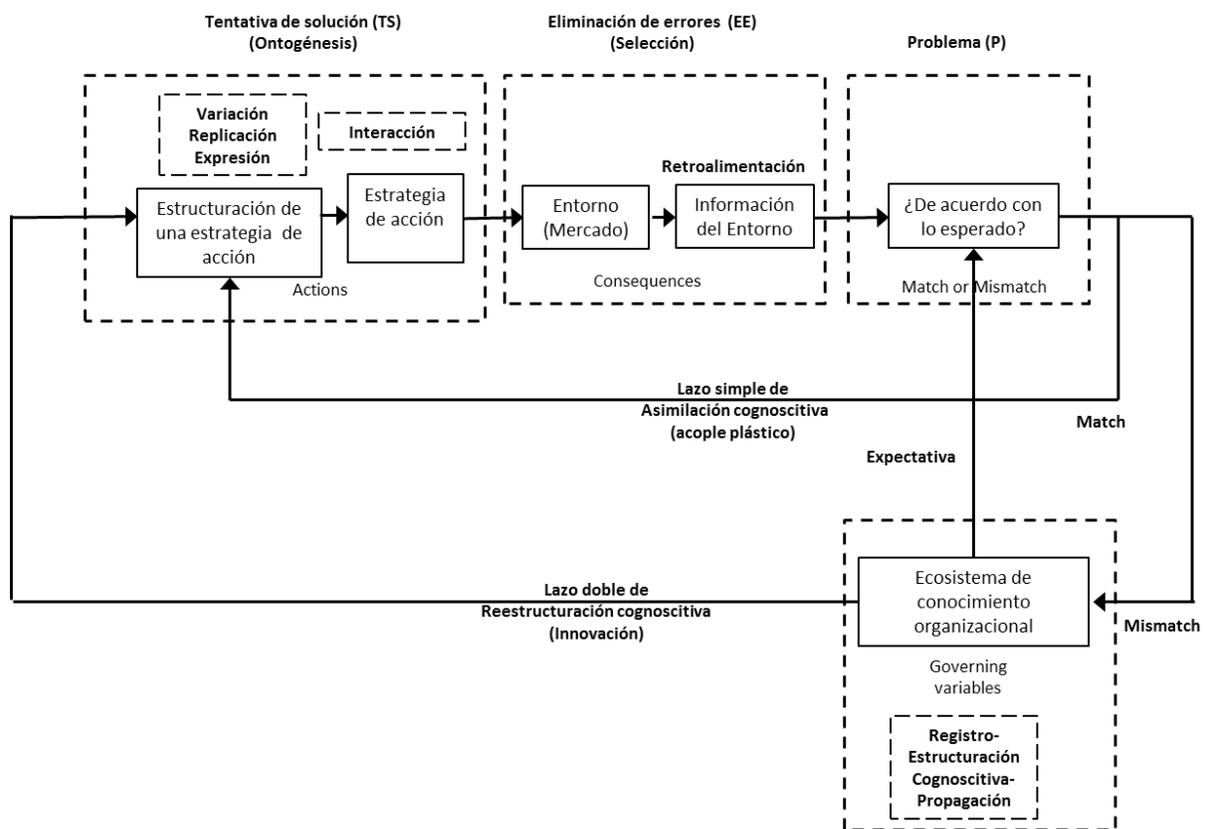


Figura 4.4 El Ciclo de generación de valor para el caso del cambio de una organización humana

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 condiciones²⁰⁸. 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 se constituye 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 a 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 sólo 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 conquista de clientes, de gestión de proveedores, de distribución de mercancías, de manejo de recursos, de modelo de negocios, etc. Es un responder a la pregunta: ¿en qué negocio debemos estar? o ¿cómo podemos ser más eficaces?

²⁰⁸ La Gestión de la Calidad Total y 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.

Este reinventarse equivale a transitar por el lazo doble del aprendizaje; es decir, 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 bien gradual o bien radical en el ecosistema de conocimiento organizacional que dará lugar, a su vez, a nuevas estrategias de acción sobre el entorno. Si esas estrategias resultan exitosas, la empresa persistirá²⁰⁹.

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 escogida por nosotros como 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 tetrádico esta dinámica de aprendizaje y se sesgó sólo 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

²⁰⁹ 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 el libro de su autoría *Empresas que perduran* (Collins and Porras 1995).

pues, mientras él considera dos unidades de acción (replicador e interactor), nosotros proponemos tres ya que consideramos que con estas tres 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 nuestra 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 que expusimos 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 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?

Aprendiendo a aprender

Para analizar cómo una organización humana puede aprender a aprender es necesario tener claro que se quiere decir con ello. El antropólogo inglés Gregory

Bateson (1904 – 1980) 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 llamó Bateson *protoaprendizaje*. Definió el deuteroaprendizaje así: “This progressive change in rate of protolearning we will call *deuterolearning*” (Bateson, *Steps to an Ecology of Mind* 174)²¹⁰.

Bateson concluyó de sus experimentos, no sólo 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 necesaria 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:

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*.

²¹⁰ “Este cambio progresivo en la tasa de protoaprendizaje lo llamaremos *deuteroaprendizaje*.”

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 *hierarchical*.

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 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 (Bateson, *Steps to an Ecology of Mind* 278)²¹¹.

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.

²¹¹ “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, evolución cultural, etc., de acuerdo al 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 éste, inevitablemente, es biológica o físicamente costoso. De esto se sigue que el cambio adaptativo debe ser siempre jerárquico.

Se necesita, por tanto, no sólo 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 deuteroaprendizaje] 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 sólo resolvemos los problemas particulares, sino que también formamos *hábitos* que aplicamos a la solución de *clases* de problemas”.

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*.
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 de comparación. Esto es precisamente lo que argumentamos para respaldar las tesis principales de este trabajo.

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 de Bateson, respectivamente. Aquí el hábito, propio del protoaprendizaje, consideramos que es equivalente al dogma en la fase dogmática de Popper para el desarrollo de la ciencia. El deuteroprendizaje consideramos 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.

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 deuteroprendizaje²¹².

Con lo anterior consideramos 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 sicólogo estadounidense Donald Thomas Campbell (1916 – 1996). 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 sólo como un proceso 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* (Campbell, "Epistemología evolucionista" 77). Ya lo habíamos referenciado en este trabajo cuando expusimos no sólo su tesis sobre la causación descendente sino también su epistemología evolucionista de los mecanismos cognoscitivos que él llamó "la jerarquía anillada" y que se sustenta en los procesos propios de todo desarrollo darwiniano. 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 la jerarquía Campbell identifica diez niveles donde el nivel 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

²¹² Consideramos que la importancia del método científico, que hace que la ciencia sea una forma tan exitosa de acceso al conocimiento, es que precisamente es un método para aprender a aprender.

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 soñamos²¹³. 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* (Campbell, “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, sólo que no con 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

²¹³ 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 (Vélez 83 y ss.).

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 ésta 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 mnemómicamente 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.

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.

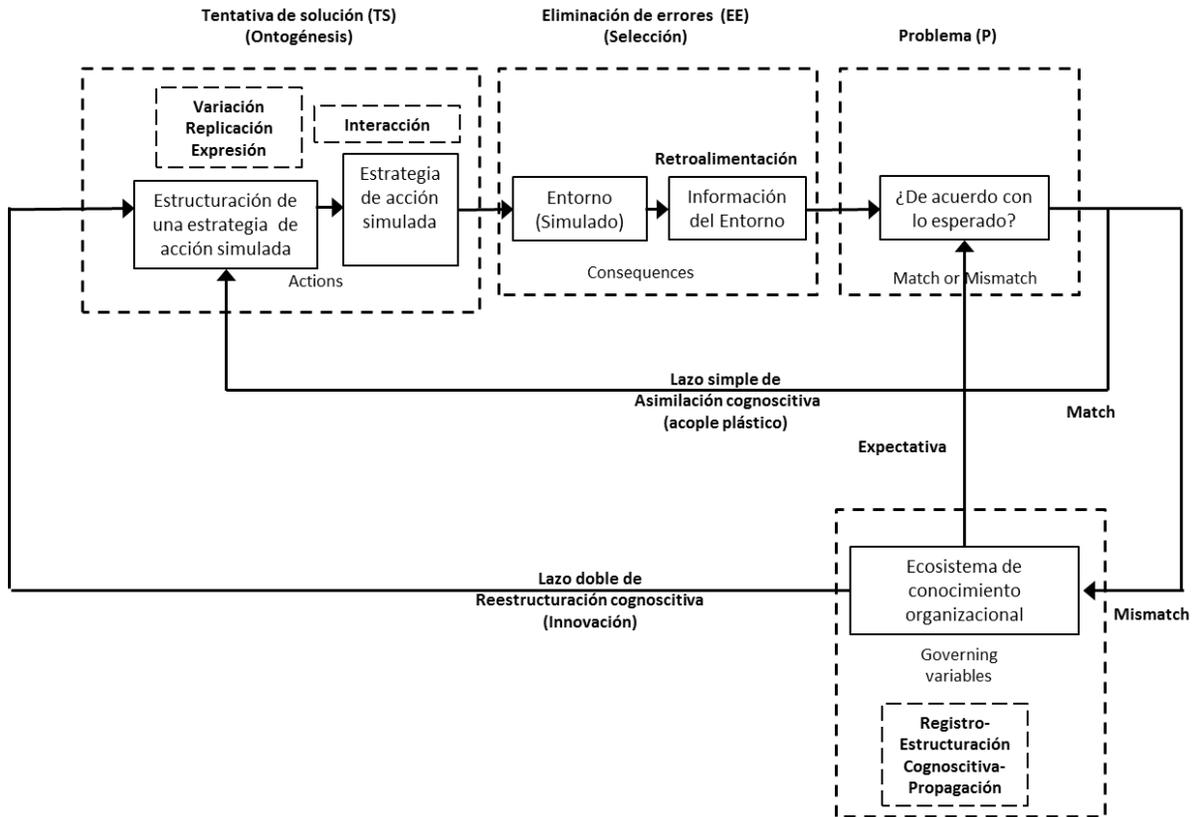


Figura 4.5 El Ciclo de generación de valor para el caso del cambio de una organización humana usando la simulación

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 simulación 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 su mundo) de manera análoga a como hace la ciencia cuando construye sus teorías sobre parcelas del mundo.

Queremos precisamente concluir nuestro trabajo hablando de la ciencia. Queremos responder a la pregunta: ¿es la ciencia una actividad humana que pueda describirse de manera adecuada usando el esquema tetrádico popperiano reformulado? Teniendo en cuenta que Popper utilizó inicialmente su esquema tetrádico para describir, mediante una imagen sencilla, como 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

Introducción

En los capítulos anteriores hemos propuesto una reformulación al esquema tetrádico popperiano de desarrollo del conocimiento científico basada dicha reformulación en el aporte de Chris Argyris y Donald Schön sobre el aprendizaje en las organizaciones humanas y también basada 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 como 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 autorreferentes²¹⁴. 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.

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 Popper²¹⁵.

²¹⁴ El proceso de cambio en los sistemas cognoscentes autónomos es lo que aquí llamamos *proceso evolutivo autorreferente*.

²¹⁵ La Epistemología Evolucionista, según el filósofo estadounidense Michael Bradie (Bradie 244), se ha venido desarrollando bajo dos perspectivas distintas pero complementarias. La primera de ellas es la denominada, por Bradie, 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 por Bradie Epistemología Evolucionista de Teorías (EET), tiene una orientación filosófica y busca dar cuenta de cómo evolucionan las ideas, las teorías

Para ello tomaremos como guía al gran filósofo inglés Stephen Toulmin (1922 – 2009) 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 del mismo. 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.

Las ecologías intelectuales

En su libro *La comprensión humana*, Toulmin desarrolla el concepto de *Ecología intelectual* con el cual explica, desde su perspectiva, cómo surge la diversidad conceptual que es, para él, 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 sólo 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).

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.

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 humana* 165)²¹⁶; es decir, de la coherencia externa de la teoría con el mundo natural que pretende explicar. La racionalidad aquí, para Toulmin, se refiere “no a las doctrinas intelectuales particulares que un hombre – o un grupo profesional – adopta 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” (*Id.* 95)²¹⁷. 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 Y Refutaciones* 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 507). Con este enfoque se superan las dificultades planteadas por las posiciones de Kuhn, Popper y Lakatos (*Id.* 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] (*Id.* 486). Es decir, no deben ser consideradas en términos de una

²¹⁶ Estas dos empresas o fases toulminianas podemos equipararlas a las formas de contrastación de una teoría definidas por Popper (Popper, *La Lógica de La Investigación Científica* 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.

²¹⁷ La cursiva es de Toulmin.

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 conceptuales²¹⁸. Este proceso se da cuando los hombres

[...] son capaces, no sólo 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 humana* 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” y 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 analicemos los aportes medulares de Toulmin.

La idea central del aporte de Toulmin, y su importancia para lo que estamos considerando en este trabajo radica en ese 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

²¹⁸ Toulmin considera, en su argumentación, “los conceptos como integrando agregados, sistemas o poblaciones conceptuales que emplean colectivamente las comunidades de usuarios de conceptos” (Toulmin, *La comprensión humana* 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.

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 biológicas²¹⁹.

Los conceptos que forman parte de las poblaciones conceptuales son *representaciones* compartidas por los miembros una comunidad que, en el caso de la ciencia, son los miembros de una 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 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 expresión²²⁰.

Podemos ver además aquí una coincidencia de Toulmin con las postulaciones popperianas. 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

²¹⁹ 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*.

²²⁰ 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.

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 conceptual²²¹ y cómo deben juzgarse las variantes conceptuales nuevas? (Toulmin, *La comprensión humana* 54). Para aproximar una respuesta, hacemos eco de la posición de Toulmin quien argumenta que una disciplina científica da por sentados ciertos conceptos, principios o presuposiciones básicos que no son propiamente característicos de una época histórica sino de la misma disciplina en sí. Este es el contenido intelectual de la teoría esencial (la familia de conceptos que la conforman) de la disciplina que puede cambiar, según Toulmin, de manera discontinua y un contenido intelectual ser reemplazado por otro con principios teóricos distintos y aún contrarios (*Id.* 90)²²². 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 con relación al 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

²²¹ Toulmin usa el término 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.

²²² 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 (Toulmin, *La comprensión humana* 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.

y pronosticar comportamientos no observados aún en ese ámbito de la realidad física, su contenido intelectual es radicalmente diferente. La Física del macrocosmos cambió, con Einstein, su teoría esencial.

El ecosistema intelectual de una disciplina científica

Pero la teoría esencial no lo es todo en una disciplina científica. Podemos decir que es tan sólo el producto momentáneo de la dinámica de lo que hemos llamado el ecosistema intelectual interno de la disciplina. Existe un sustrato, un nivel más hondo (Toulmin lo llama el *nivel metodológico profundo*) en el que la disciplina exhibe una continuidad mucho mayor y que rige la argumentación al interior de la misma. 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 91). Newton, Leibniz, Kant, Bohr 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. 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.

Aquí, para aclarar estas consideraciones, echamos mano de 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 (sistema axiomático) sobre los que descansa el edificio conceptual construido (teoremas en las ciencias formales o 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 a los *principios disciplinarios*. Estos, según Toulmin, “definen los objetivos intelectuales básicos de una ciencia y le dan una unidad y una continuidad reconocibles”. Están en el nivel metodológico profundo. Hacen de la disciplina un todo distinto y diferenciado de otras disciplinas científicas²²³. Por ejemplo, la biología fisicalista, aplicando el reduccionismo, busca explicar todos los fenómenos biológicos en términos de interacciones físicas; este es su objetivo intelectual (Toulmin, *La comprensión humana* 133). 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 (*Id.* 137). Algunos de los conceptos del sistema conceptual de una disciplina pueden estar lógicamente enlazados conformando teorías científicas, pero son sólo un subconjunto del conjunto de proposiciones que conforma el sistema conceptual de la disciplina. A este conjunto de proposiciones es a lo que hemos llamado el contenido intelectual explícito de la disciplina²²⁴.

Si utilizamos la notación de conjuntos para visualizar la relación entre estos dos conjuntos tenemos:

Sean:

P_{cd} el conjunto de conceptos de la disciplina enlazados por los principios disciplinarios. Tales conceptos forman la población de conceptos de la

²²³ 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, para Kuhn, inconmensurables.

²²⁴ Recordemos que el contenido intelectual de la disciplina abarca también el conocimiento de los practicantes de la misma que es conocimiento tácito.

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.

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 (Toulmin, *La comprensión*

humana 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.

Podemos decir entonces que una disciplina científica forma parte de un ecosistema 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 la disciplina científica, como sistema, varía lentamente, gradualmente, como indica Toulmin, y no “revolucionariamente” como aduce Kuhn²²⁵. Cuando una teoría científica dentro de la disciplina, cambia radicalmente (en el sentido revolucionario de Kuhn) se reemplaza una estructura teórica completa por otra (cambian sus principios teóricos básicos) (Toulmin, *La comprensión humana* 136), pero el sistema propio de la disciplina científica absorbe esos cambios no cambiando de forma radical (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,

²²⁵ 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.

pero la población, como tal, absorbe esos cambios, cambiando ella misma de manera gradual. Este cambio lento se relaciona con la *robustez* y con la *resiliencia*²²⁶ de las redes propias de los sistemas biológicos y las identifica como entidades históricas separadas de su medio. Precisamente la unidad de una disciplina científica, considerada como una entidad histórica, es, para Toulmin, el resultado de la continuidad impuesta a sus problemas en la búsqueda de los ideales intelectuales de la disciplina (*Id.* 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 revolucionaria [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

²²⁶ 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.

progresivamente las poblaciones conceptuales (Toulmin, *La comprensión humana* 164)²²⁷.

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 humanas²²⁸.

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.

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 (Toulmin, *La comprensión humana* 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 (*Ibid.*); es decir, se conviertan en *innovaciones* bajo la moderna acepción del término.

Esto lleva a que el desarrollo colectivo de los conceptos se dé en dos instancias; la primera instancia, que es especulativa, es la *ideación* (Toulmin la 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

²²⁷ Los corchetes son nuestros.

²²⁸ 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*.

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” (Toulmin, *La comprensión humana* 144). El proceso de exponer las variantes a selección crítica es la característica del desarrollo racional de estas poblaciones conceptuales. La evolución conceptual, según Toulmin, debe tomar pues, 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 (*Id.* 149).

Una conclusión importante que se deriva de lo anterior es que el darwinismo deja una lección historiográfica clave que Toulmin enfatiza: “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” (Toulmin, *La comprensión humana* 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 las mismas 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 científicas²²⁹ 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

²²⁹ Los conceptos se vuelven “colectivos” cuando se hacen explícitos mediante proposiciones que comparte, en su diario vivir, una comunidad lingüística.

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” (Toulmin, *La comprensión humana* 300). La especialización es, podríamos decir, un mal necesario. Esta especialización 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 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 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 mejoran esos procedimientos, técnicas y métodos. Los hombres y mujeres que conforman estas instituciones profesionales constituyen tanto la comunidad de usuarios como el grupo de referencia encargado de la crítica racional sistemática en esa disciplina (Toulmin, *La comprensión humana* 152). Como comunidad de usuarios, reciben de sus ancestros intelectuales los instrumentos, procedimientos y técnicas propios de la disciplina²³⁰. 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 (*Id.* 209). En este sentido se identifica claramente con la posición de Popper sobre el mecanismo implícito en el desarrollo de la ciencia.

²³⁰ 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 (Toulmin, *La comprensión humana* 169). Este conjunto de conceptos pasa de una generación de científicos a otra a través de un proceso de enculturación.

De todo lo anterior es claro que las teorías no son pues la disciplina; son sólo 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. Es obvio que los ideales intelectuales o ambiciones explicativas son inalcanzables pero sirven como referente constante para la actividad de los científicos (Toulmin, *La comprensión humana* 160). Volviendo a Popper, tanto los ideales intelectuales como los principios teóricos básicos toulminianos son parte de lo que Popper llamó “expectativas” y 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 (una expectativa del Mecanicismo) se derrumbó cuando Werner Heisenberg estableció el principio de incertidumbre.

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*²³¹, 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 humana* 194)²³². Esto deja claro que, para Toulmin: “Los ideales básicos de la ciencia son de *representación*” (*Id.* 265)²³³. Esta reorganización del contenido intelectual de una disciplina científica es un proceso de *reestructuración cognoscitiva*. Recordemos

²³¹ La letra cursiva es nuestra.

²³² Este párrafo muestra claramente la posición instrumentalista de Toulmin.

²³³ La letra cursiva es nuestra.

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 real. Toulmin es pues un instrumentalista²³⁴ 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: “Sólo comparando los fenómenos naturales con el modelo intelectual de esos ideales [intelectuales] es posible identificar, de hecho, los problemas característicos de la física atómica” (Toulmin, *La comprensión humana* 163). Ese *modelo intelectual*, que implica “un conjunto acordado de conceptos fundamentales o constelación de presupuestos básicos” (*Id.* 385), rememora la noción de paradigma de Kuhn²³⁵ 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 sólo 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” (*Id.* 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*

²³⁴ 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 182).

²³⁵ 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.

(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, por mor de la claridad, que en la constelación de presupuestos básicos se incluyen no sólo 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 260). En este desarrollo histórico se *amplían* los ideales intelectuales o ambiciones explicativas de una disciplina científica para abarcar, como argumenta Toulmin, nuevos dominios de la experiencia (*Ibid.*). 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.

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 sólo 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 sólo 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 entretienen (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 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 (según Toulmin) o modelo mental de la misma.

Por otro lado, aunque Toulmin no acepta el concepto kuhniano de revoluciones, consideramos que 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*” (Toulmin, *La comprensión humana* 237)²³⁶. Cuando no existe ese consenso, la disciplina científica entra en una etapa de *nebulosidad intrínseca* en la que incluso los mismos *criterios normales*²³⁷ 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 casos ‘de rutina’ en los que se puede jugar con un viejo

²³⁶ La letra cursiva es nuestra.

²³⁷ Utilizamos aquí las mismas palabras que usa Toulmin (Toulmin, *La comprensión humana* 242).

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” (*Id.* 242). En estos últimos casos, los científicos abandonan el carácter formal o táctico 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 táctico (aquellos orientados a seleccionar 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” (Toulmin, *La comprensión humana* 251). Estos últimos juicios, (estratégicos), son, no tanto juicios científicos como sí juicios de carácter epistemológico; juicios sobre los fundamentos, que se sitúan a nivel de la filosofía de la ciencia. Es el caso de debates como el de Bohr-Einstein sobre la naturaleza de la realidad, o de Clarke-Leibniz sobre los principios de la teoría newtoniana. 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 histórica²³⁸. Éstos, incluidos los criterios de selección, están sujetos a un desarrollo histórico, igual que las teorías y las variantes intelectuales sobre los que se han ejercido tales criterios, conceptos y normas (*Id.* 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,

²³⁸ 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 evolución del concepto de fuerza y cómo Newton lo usó en su teoría de la Mecánica (Arana 22).

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 [...]” (Toulmin, *La comprensión humana* 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” (*Id.* 294)²³⁹.

La disciplina científica, una empresa racional

Si una disciplina científica es una empresa racional como plantea Toulmin, es pues, ante todo, una institución humana y como tal procede para tal institución 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 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

²³⁹ Estos “repertorios” son exclusivamente Conocimiento explícito; lo que él llama la *Transmisión intelectual*.

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 en 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 experimentales 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 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 las predicciones de la Teoría estándar de la mecánica cuántica? El físico e historiador de la ciencia estadounidense Peter Galison defiende, en su libro *Image and logic*, una visión del desarrollo científico que pone el énfasis más en los instrumentos y en los experimentos que en las teorías como impulsores de tal desarrollo (Galison 1997).

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 (en la población conceptual) expresado en nuevos conceptos y nuevas maneras de relacionarlos, nuevas técnicas, nuevos dispositivos experimentales, nuevas hipótesis, 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* Mejía propone el diagrama de la figura 5.1 para ilustrar esta relación y que reproducimos a continuación (Mejía 186).

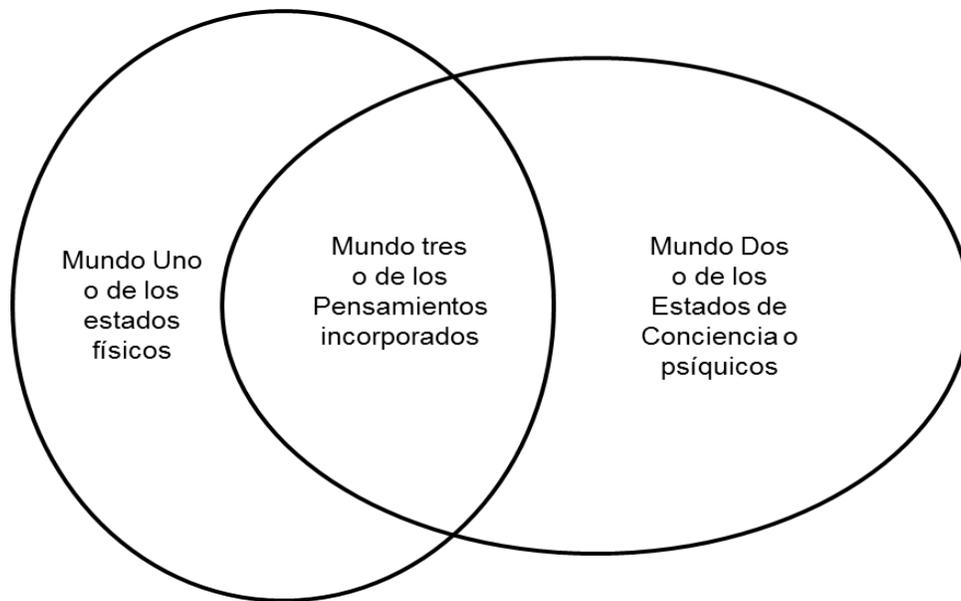


Figura 5.1 La índole ontológica de los mundos de Popper según Mejía

Algunos estados mentales de los científicos (Mundo 2), referidos a los fenómenos de la Naturaleza (Mundo 1) adquieren cuerpo, por un lado, en 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 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 y en nuevas teorías científicas 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*

(Toulmin, *La comprensión humana* 144)). Recordemos que la dinámica de cambio (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 a 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 Darwin²⁴⁰. Aquí es donde Kuhn se

²⁴⁰ 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 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

equivoca en su apreciación del 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 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 a la

existentes no tenían explicación adecuada. Sólo 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.

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 la Mecánica Cuántica. No se da la inconmensurabilidad en la comunicación de las respectivas comunidades científicas como pregonaba Kuhn. Por el lado de la matemática, 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.

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.

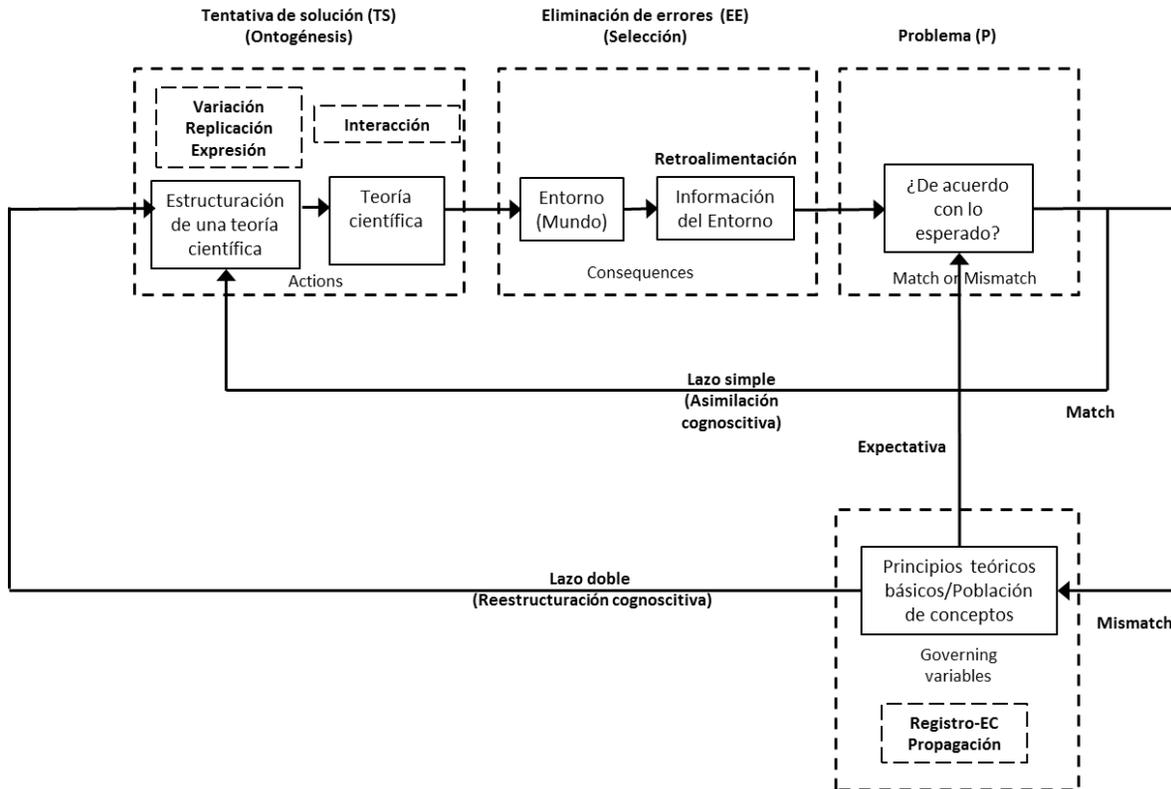


Figura 5.2 El Ciclo de generación de valor para el caso del desarrollo de una disciplina científica

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, (científicos y no científicos, como los políticos e incluso la misma comunidad, por ejemplo); intervienen también instituciones de distinto carácter y se hace uso de unos principios disciplinarios y unos métodos estandarizados de trabajo y, claro está, del contenido intelectual establecido (la tradición intelectual). Todo esto forma parte, como indicamos anteriormente, del *ecosistema intelectual*

de la disciplina científica. 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 de un ecosistema más amplio 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 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. La disciplina científica está caracterizada por un ecosistema intelectual interno que la define (establece sus límites) y que interactúa con tales entornos como un *todo sistémico autoorganizado*. Esos entornos ejercen 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 y teorías científicas tanto descriptivas como explicativas) a través de un proceso interno de selección mediante la crítica racional sistemática para lograr su coherencia interna. Este ecosistema intelectual interno está conformado, como ya establecimos, por los científicos de la disciplina (en realidad por el conocimiento que ellos poseen), así como por los métodos, normas, procesos y procedimientos estandarizados. También forman parte de este ecosistema interno los instrumentos tecnológicos con los cuales se realizan los experimentos o se apoyan los procesos, las instituciones y asociaciones científicas que propagan el conocimiento a través de medios especializados (periódicos, revistas, libros de

texto, cursos, conferencias, etc.) y el conocimiento mismo expresado en la población conceptual de la disciplina (los repertorios colectivamente atestiguados de conceptos que, explicitados, conforman las proposiciones de la disciplina, habitantes del mundo 3 popperiano).

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-EC-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 variación²⁴¹. Tales proposiciones que explicitan los 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 científica²⁴². Traigamos a colación, como ejemplo, el concepto de

²⁴¹ Los conceptos se explicitan mediante enunciados o proposiciones como ya indicamos.

²⁴² 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

“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 existente²⁴³. Pueden darse en ciencia casos híbridos de proyectos 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 conocemos²⁴⁴.

maneras, tales reflexiones están sujetas actualmente a intenso debate (Sperber 163) y nosotros no entraremos en él en este trabajo.

²⁴³ Dos ejemplos de esta finalidad de un proyecto fueron el experimento de Michelson y Morley que tuvo como objetivo examinar la 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 amablemente descrito en el libro de divulgación científica *La partícula divina* (Lederman and Teresi 1996).

²⁴⁴ 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 a nivel militar, surgió la denominada tecnociencia (Echeverría 2003) en la que los desarrollos teóricos son un medio no sólo 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

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, de este sistema conceptual y, por ende, el producto del proyecto científico teórico. 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 (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

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, tanto básica como aplicada, y en proyectos de desarrollo de aplicaciones prácticas de esas investigaciones.

actividad se concentra en afinar la eficiencia del paradigma resolviendo los enigmas existentes (en el sentido de Kuhn) como el caso de la órbita de Urano en 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 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 éste (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. Es éste 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 es este trabajo 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.

Dominio	Evolución biológica	Desarrollo científico
Sistema cognoscente autónomo	Población biológica	Disciplina científica
Estructura cognoscitiva	Genoma de la población	Población de conceptos ligados por principios disciplinarios y por principios teóricos básicos
Proceso	Unidad de acción	
Variación-Replicación-Expresión	Gen	Conceptos en la población de conceptos
Interacción	Organismo individual	Teoría científica
Registro-Estructuración cognoscitiva-Propagación	Población biológica	Ecosistema interno de conocimiento

Tabla 5.1 Analogía entre los dominios de la evolución biológica y del desarrollo de las disciplinas científicas

Conclusiones y posibles líneas de investigación futura

Los sistemas cognoscentes autónomos son un tipo especial de sistemas que surge sólo 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 espirales 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 sólo los sistemas que surgen cuando aparece la vida son lo que hemos llamado sistemas cognoscentes autónomos. Sólo ellos tienen la propiedad del cambio autorreferente a partir de la interacción con un entorno.

Los sistemas que investigamos en este trabajo: 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 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 trabajo?

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 trabajo? 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 (Margulis and Sagan 101 a 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” 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 especies²⁴⁵.

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 ésta, incluida la cultura en especies animales superiores, con la dinámica descrita en este trabajo? 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 paseriformes de Nueva Zelandia. 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:

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 (Dawkins 282).

²⁴⁵ 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* (Coen 2013 152).

¿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 trabajo? ¿Puede analizarse este tipo de evolución como la evolución de una población de programas informáticos que compiten entre sí en un espacio virtual?

Estas y muchas otras preguntas podrían ser consideradas bajo la plataforma conceptual desarrollada en el presente trabajo. 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 sólo 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 trabajo 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 este trabajo 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 trabajo puede dar luz a los líderes empresariales para

considerar sus empresas como lo que son, sistemas cognoscentes 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.

Referencias

- Aczel, Amir. *Entrelazamiento*. Barcelona: Editorial Crítica, 2012. Print.
- Aldrich, Howard et al. *In Defense of Generalized Darwinism*. Hertfordshire: N.p., 2008. Print.
- Alphin, Elaine Marie. *Germ Hunter. A Story about Louis Pasteur*. Minneapolis, MN: Carolrhoda Books, Inc., 2003. Print.
- Altshuller, Genrich. *And Suddenly the Inventor Appeared*. Worcester, MA: Technical Innovation Center, 1996. Print.
- Aracil, Javier. *Introducción a La Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1978. Print.
- 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. Print.
- Argyris, Chris. *On Organizational Learning*. Ed. 2°. Oxford, England: Blackwell Publishing, 1999. Print.
- . “Single-Loop and Double-Loop Models in Research on Decision Making.” *Administrative Science Quarterly* 21.3 (1976): 363–375. Print.
- Argyris, Chris, Robert Putnam, and Diana McLain. *Action Science. Concepts, Methods and Skills for Research and Intervention*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Inc, 1985. Print.
- Argyris, Chris, and Donald Schön. *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1978. Print.
- Audesirk, Teresa, and Gerald Audesirk. *Biología. La Vida En La Tierra*. 4°.

- Naucalpan de Juárez: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1997. Print.
- Baldwin, James. "A New Factor in Evolution." *American naturalist* 30.354 (1896): 441–451, 536–553. Print.
- Bateson, Gregory. *Pasos Hacia Una Ecología de La Mente*. Buenos Aires: Editorial Lohlé-Lumen, 1998. Print.
- . *Steps to an Ecology of Mind*. 2°. Northvale, NJ: Jason Aronson, Inc., 1987. Print.
- Beinhocker, Eric. "On the Origin of Strategies." *The McKinsey Quarterly* 4 (1999): 167–176. Print.
- Bergh, Jeroen van den, and Sigrid Stagl. "Coevolution of Economic Behaviour and Institutions: Toward a Theory of Institutional Change." *Journal of Evolutionary Economics* 13.3 (2003): 289–317. Print.
- Bertalanffy, Ludwig Von. *Teoría General de Los Sistemas*. México, D. F.: Fondo de cultura económica, 1976. Print.
- Bickhard, Mark, and Donald Campbell. "Variation in Variation and Selection." *Foundation of Science* 8 (2003): 215–282. Print.
- Birkett, P. et al. "Animal Perception of Seasonal Thresholds: Changes in Elephant Movement in Relation to Rainfall Patterns." *PloS ONE*. N.p., 2012. Web: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038363>. 26 July 2016.
- Bloor, David. *Knowledge and Social Imagery*. London: Routledge & Kegan Paul Ltd, 1976. Print.
- Bradie, Michael. "Una Evaluacion de La Epistemología Evolucionista." *Epistemología Evolucionista*. Ed. Sergio Martínez and León Olivé. México, D. F.: Paidós, 1997. 243–284. Print.
- Brandom, Robert. *Making It Explicit*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1994. Print.

- Brandon, Robert. *Making It Explicit*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1998. Print.
- Burgelman, Robert. "Intraorganizational Ecology of Strategic Making and Organizational Adaptation." *Organization Science* 2.3 (1991): 239–262. Print.
- 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. Print.
- . "Epistemología Evolucionista." *Epistemología Evolucionista*. Ed. Sergio Martínez and León Olivé. México D. F.: UNAM - Paidós, 1997. 43–103. Print.
- Coen, Enrico. *De Las Células a Las Civilizaciones*. Barcelona: Editorial Planeta S. A., 2013. Print.
- Coleman, Henry. "What Enables Self-Organizing Behavior in Businesses." *Emergence: Complexity and Organization* 1.1 (1999): 33–48. Print.
- Collins, James, and Jerry Porras. *Empresas Que Perduran. Principios Exitosos de Compañías Triunfadoras*. Bogotá, D.C.: Editorial Norma S. A., 1995. Print.
- Crick, Francis. "Central Dogma of Molecular Biology." *NATURE* 227. August 8 (1970): 561–563. Print.
- Darwin, Charles. *El Origen de Las Especies*. 5th ed. Barcelona: Editorial Bruguera, S. A., 1976. Print.
- Dawkins, Richard. *El Gen Egoísta*. Barcelona: Salvat editores S. A., 1985. Print.
- Del Pozzo, Walter. "Testing General Relativity." *LIGO Magazine* 3.8 (2016): 28. Print.
- Dennett, Daniel. *Darwin's Dangerous Idea*. London: Penguin Bookd Ltd, 1996. Print.
- Dewey, John. *Democracy and Education*. Delhi, India: AAKAR BOOKS, 2004. Print.

---. *Experience and Education*. New York, NY: Simon & Schuster Inc., 1997. Print.

Dick, Bob, and Tim Dalmau. "Argyris and Schön: Some Elements of Their Model." www.scu.edu.au/schools. N.p., 2000. Print.

Distin, Kate. *El Meme Egoísta*. Barcelona: Ediciones de intervención cultural/Biblioteca Buridán, 2011. Print.

Echeverría, Javier. *La Revolución Tecnocientífica*. Madrid: Fondo de cultura económica, 2003. Print.

Einstein, Albert. *Relativity. The Special and the General Theory*. London, UK: Routledge, 2001. Print.

Emerson, Alfred E. et al. *Principles of Animal Ecology*. Philadelphia, PA: W. B. Saunders company, 1969. Print.

---. "The Evolution of Adaptation in Population Systems." *Evolution after Darwin*. Ed. Sol Tax. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 1960. 307–348. Print.

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. Print.

Fernández, R., I. Mezquita, and J. Maguregi. "Primeras Citas de Araschnia Levana." *Heteropterus Revista de Entomología* 9.1 (2009): 57–59. Print.

Frankenberg, Günter. "Teoría Crítica." *Academia. Revista sobre la enseñanza del derecho* 9.17 (2011): 67–84.

Galindo, Carlos, and Eduardo Rendón. *Danaidas: Las Maravillosas Mariposas Monarca*. México, D. F.: WWF México-Telcel, 2005. Print.

Galison, Peter. *Image and Logic*. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 1997. Print.

---. *Relojes de Einstein, Mapas de Poincaré*. Barcelona: Crítica, 2005. Print.

- García, Rolando. *El Conocimiento En Construcción*. 1st ed. Barcelona: Editorial Gedisa, 2000. Print.
- García, Tomás. "Evolucion, Desarrollo Y (Auto)organización. Un Estudio Sobre Los Principios Filosóficos de La Evo-Devo." Universidad del Pais Vasco, 2005. Print.
- Getz, Isaac, and Alan Robinson. *Tus Ideas Lo Cambian Todo. El Secreto Del Éxito Sostenible*. México, D. F.: Editorial Alfaomega, 2005. Print.
- Giménez, Gilberto. "La Cultura Como Identidad Y La Identidad Como Cultura." *Instituto de Investigaciones Sociales UNAM*. N.p., 2003. Web: <http://perio.unlp.edu.ar/teorias2/textos/articulos/gimenez.pdf>. 16 July 2016.
- . *Materiales Para Una Teoría de Las Identidades Sociales*. México, D. F.: N.p., 1997. Print.
- Glock, Hans-Johann. *¿Qué Es La Filosofía Analítica?* Madrid: Editorial Tecnos, 2012. Print.
- Goldschmidt, Richard. *The Material Basis of Evolution*. New Haven: Yale University Press, 1940. Print.
- Gould, Stephen Jay. *La Estructura de La Teoría de La Evolución*. 2°. Barcelona: Tusquets Editores, S.A., 2004. Print.
- Grassé, Pierre. *Evolución de Lo Viviente*. 2nd ed. Madrid: Hermann Blume, 1984. Print.
- Gribbin, John. *Historia de La Ciencia 1543 - 2001*. Barcelona: Editorial Crítica, 2003. Print.
- Hayek, Friedrich. *Studies in Philosophy, Politics and Economics*. London, UK: Routledge & Kegan Paul Ltd, 1967. Print.
- Haynes, Warren, and Joseph Massie. *Management*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall, 1961. Print.
- Hendry, Andrew et al. "Evolutionary Principles and Their Practical Application."

- Evolutionary applications* 4 (2011): 159–183. Print.
- Hodgson, Geoffrey. “How Veblen Generalized Darwinism.” *Journal of economic issues* 42.2 (2008): 399–405. Print.
- Hodgson, Geoffrey, and Thorbjorn Knudsen. “The Firm as an Interactor.” *Journal of Evolutionary Economics* 14.3 (2004): 281–307. Print.
- Hull, David. *Science and Selection: Essays on Biological Evolution and the Philosophy of Science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001. Print.
- . *Science as a Process*. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 1988. Print.
- Jablonka, Eva, and Marion Lamb. “Changing Concept of Epigenetics.” *Annals of the New York Academy of Sciences* 981 (2002): 82–96. Print.
- . *Epigenetic Inheritance and Evolution*. New York, NY: Oxford University Press, 1995. Print.
- Jung, Carl G. *Arquetipos E Inconsciente Colectivo*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 2009. Print.
- Kim, W. Chan, and Renée Mauborgne. *La Estrategia Del Océano Azul*. Bogotá, D.C.: Editorial Norma S. A., 2008. Print.
- Kluge, Arnold. “Species as Historical Individuals.” *Biology and Philosophy* 5.4 (1990): 417–431. Print.
- Lakatos, Imre. *Historia de La Ciencia Y Sus Reconstrucciones Racionales. 2°*. Madrid: Editorial Tecnos, 1987. Print.
- . *La Metodología de Los Programas de Investigación Científica*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1989. Print.
- . *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers Volume I*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989. Print.

- Larson, Edward. *Evolución*. Barcelona: Random House Mondadori, S. A., 2006. Print.
- Lederman, Leon, and Dick Teresi. *La Partícula Divina*. Barcelona: Crítica, 1996. Print.
- Lewontin, Richard. "The Units of Selection." *Annual Review of Ecology and Systematics* 1 (1970): 1–18. Print.
- Lorenz, Konrad. *La Otra Cara Del Espejo*. Barcelona: Plaza & Janes Editores, S. A., 1985. Print.
- Lovelock, James. *GAIA Una Nueva Visión de La Vida Sobre La Tierra*. Madrid: Hermann Blume, 1983. Print.
- Lowry, Richard. *The Evolution of Psychological Theory*. 2nd ed. Hawthorne, NY: Aldine de Gruyter, 1982. Print.
- Macía, Rafael. *La Selección Racional Del Conocimiento*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas, 2006. Print.
- Margulis, Lynn, and Dorion Sagan. *Microcosmos*. 2°. Barcelona: Tusquets Editores, S.A., 2001. Print.
- 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. Print.
- Maturana, Humberto, and Francisco Varela. *De Máquinas Y Seres Vivos*. 3°. Santiago de Chile: Editorial universitaria S. A., 1995. Print.
- . *El Árbol Del Conocimiento*. Santiago de Chile: Editorial universitaria S. A., 2003. Print.
- Mejía, Jorge. *Lógica, Evolución Y Ontología*. Bogotá: San Pablo, 2009. Print.
- Mintzberg, Henry. *Tracking Strategies Towards a General Theory of Strategy Formation*. New York: Oxford University Press, 2007. Print.
- Mintzberg, Henry, and James Waters. "Of Strategies, Deliberate and Emergent."

- Strategic Management Journal* 6.3 (1985): 257–272. Print.
- 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. Print.
- Monod, Jacques. *El Azar Y La Necesidad*. Barcelona: Ediciones Orbis S. A., 1986. Print.
- Montenegro, Álvaro. “Información Y Entropía En Economía.” *Revista de economía institucional* 13.25 (2011): 199–221. Print.
- NASA. *Actions to Implement the Recomendations of the Presidential Commision on the Space Shuttle Challenger Accident*. Washington, DC: N.p., 1986. Print.
- Nelson, Richard, and Sidney Winter. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982. Print.
- Nonaka, Ikujiro, and Hirotaka Takeuchi. *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford, England: Oxford University Press, 1999. Print.
- Pelikan, Pavel. *How to Generalize Darwinism Suitably to Help Understand Both the Evolution and the Development of Economies*. Jena, Germany: N.p. Web: <http://econpapers.repec.org/scripts/search/search.asp?ft=pavel+pelikan>. ISSN 1430-4716.
- Piaget, Jean. *La Psicología de La Inteligencia*. Barcelona: Editorial Crítica, 1999. Print.
- Plese, Tinka. *Los Perezosos No Son Osos*. Medellín, Colombia: Fundacion AIUNAU, CVS, 2014. Print.
- Polanyi, Michael. “Life’s Irreducible Structure.” *Science* 160.June 21 (1968): 1308–1312. Print.
- . *The Tacit Dimension*. Garden City, NY: Anchor books, 1967. Print.
- Popper, Karl. *A World of Propensities*. Bristol, UK: Thoemmes Press, 1995. Print.

- . *Búsqueda Sin Término*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 2002. Print.
- . *Conjeturas Y Refutaciones*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1983. Print.
- . *Conocimiento Objetivo 4° Ed.* 4th ed. Madrid: Editorial Tecnos, 1992. Print.
- . *Conocimiento Objetivo 5° Ed.* 5th ed. Madrid: Editorial Tecnos, 2007. Print.
- . *El Cuerpo Y La Mente*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1997. Print.
- . *La Lógica de La Investigación Científica*. Madrid: Editorial Tecnos, 1980. Print.
- . "Natural Selection and the Emergence of Mind." *Dialéctica* 32.3–4 (1978): 339–355. Print.
- . *Objective Knowledge*. Revised ed. New York, NY: Oxford University Press, USA, 1979. Print.
- . *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. Print.
- . *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge, 2002. Print.
- . *The Poverty of Historicism*. Boston, MA: The Beacon Press, 1957. Print.
- . *Unended Quest*. London: Routledge, 2005. Print.
- Popper, Karl, and John Eccles. *El Yo Y Su Cerebro*. 2°. Barcelona: Editorial Labor S. A., 1993. Print.
- . *The Self and Its Brain*. New York, NY: Springer-Verlag, 1977. Print.
- Porter, Michael E. *Competitive Advantage*. New York, NY: The Free Press, 1998. Print.
- Prahalad, Coimbatore, and Venkat Ramaswamy. *El Futuro de La Competencia*. Barcelona: Planeta, 2004. Print.
- 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. Print.
- Ruse, Michael. “Karl Popper’s Philosophy of Biology.” *Philosophy of Science* 44.4 (1977): 638–661. Print.
- . *Tomándose a Darwin En Serio*. Barcelona: Salvat editores S. A., 1987. Print.
- Scholz, Erhard. “Gauss, El ‘gran Triángulo’ y Los Fundamentos de La Geometría.” *La gaceta de la RSME* 8.3 (2005): 683–712. Print.
- Schön, Donald. *The Reflective Practitioner*. New York, NY: Basic Books, 1983. Print.
- Schumpeter, Joseph. *Capitalism, Socialism and Democracy*. London, UK: Routledge, 2003. Print.
- Senge, Peter. *La Quinta Disciplina. El Arte Y La Práctica de La Organización Abierta Al Aprendizaje*. Barcelona: Granica S.A., 1995. Print.
- Simon, Herbert. *The Science of the Artificial*. 3°. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1996. Print.
- Simpson, George Gaylord. *El Sentido de La Evolución*. 2°. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1963. Print.
- . “The Baldwin Effect.” *Evolution* 7.2 (1953): 110–117. Print.
- Smith, M. K. “Chris Argyris: Theories of Action, Double-Loop Learning and Organizational Learning.” *The encyclopedia of informal education*. N.p., 2001. Web: www.infed.org/thinkers/argyris.htm.
- Sober, Elliot. *Philosophy of Biology*. 2°. Boulder, CO: Westview Press, 2000. Print.
- 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. Print.
- Sperber, Dan. “An Objection to the Memetic Approach to Culture.” *Darwinizing*

- Culture: The Status of Memetics as a Science*. Ed. Robert Auger. Oxford, England: Oxford University Press, 2000. 162–173. Print.
- Sterman, John D. *Business Dynamics. Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin, 2000. Print.
- Stoelhorst, Jan, and A Huizing. "The Firm as a Darwin Machine: An Evolutionary View of Organizational Knowledge and Learning". University of Amsterdam, Netherlands. *Sprouts: Working papers on Information Systems*: N.p., 2006. Web: <http://sprouts.aisnet.org>.
- 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. Print.
- Toulmin, Stephen. *La Comprensión Humana*. Madrid: Alianza Editorial, 1977. Print.
- . "The Evolutionary Development of Natural Science." *American scientist* 55.4 (1967): 456–471. Print.
- Varela, Francisco. *El Fenómeno de La Vida*. 2°. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones S.A., 2002. Print.
- . "Haciendo Camino Al Andar." *GAIA. Implicaciones de La Nueva Biología*. Ed. W. I. Thompson. 5°. Barcelona: Editorial Kairós, S.A., 2009. Print.
- Veblen, Thorstein. "Why Is Economics Not an Evolutionary Science?" *The Quarterly Journal of Economics* 12 (1898): 296–303. Print.
- 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. Print.
- Waddington, Conrad. *The Nature of Life*. London: George Allen & Unwin Ltd., 1961. Print.
- Weismann, August. *The Germ-Plasm A Theory of Heredity*. New York, NY: Charles Scribner's sons, 1893. Print.

- Wenger, Etienne, Richard McDermott, and William Snyder. *Cultivating Communities of Practice*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2002. Print.
- Wittgenstein, Ludwig. *Investigaciones Filosóficas*. Barcelona: Ediciones Altaya, S. A., 1999. Print.
- 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. Print.
- Wright, Sewall. "The Roles of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding and Selection in Evolution." *Proceedings of The Sixth International Congress of Genetics 1* (1932): 356–366. Print.
- Wuketits, Franz. "Evolution as a Cognition Process: Towards an Evolutionary Epistemology." *Biology and Philosophy* 1.2 (1986): 191–206. Print.
- Wynne-Edwards, Vero Copner. *Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour*. NewYork, NY: Hafner Publishing Company, 1962. Print.