



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---



**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**UNA JUSTIFICACIÓN EPISTEMOLÓGICA  
PARA ABORDAR EL PROBLEMA DE LA  
TECNOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON LO  
SOCIAL EN AMÉRICA LATINA BAJO  
UNA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINARIA**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN ESTUDIOS  
LATINOAMERICANOS  
PREENTA:  
EDGAR ACATITLA ROMERO**

**DIRECTOR:  
DR. JOSÉ MARÍA CALDERÓN RODRÍGUEZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA 2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mis padres*

*¡Cuan superior es la suma de las luces a la suma de las riquezas.!*

*Simón Bolívar.*

*Nuestra vida está edificada sobre sistemas de enorme complejidad.*

*Nuestras acciones impactan no solamente sobre nuestros propios resultados, sino sobre los resultados de quienes nos rodean. Lo*

*mismo sucede a la inversa.*

*César Grinstein*

## AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis fue posible por el apoyo que recibí como becario tesista de la maestría en el Subproyecto CELA – 4, titulado *Una cultura para la democracia en México y en los demás países de América Latina y el Caribe: lo nacional, lo regional y lo global*, como parte de los Macroproyectos que impulsa la Universidad Nacional Autónoma de México, coordinado por el Dr. José María Calderón Rodríguez y por el Mtro. Alfonso Vadillo Bello. En particular, el Dr. Calderón me hizo el favor de orientarme en este trabajo de investigación. Mis agradecimientos a la institución y a los coordinadores del Subproyecto-4.

También me siento agradecido con otras personas que me ayudaron en el esclarecimiento de ideas acerca del tema, haciéndome el favor de leer mis avances y discutiendo conmigo sobre algunos tópicos específicos. En particular, agradezco a la Dra. Lucia Patricia Carrillo Velázquez y a la Mtra. María Teresa Aguirre, ambas, profesoras en el Programa de la Maestría en Estudios Latinoamericanos. A la Dra. Patricia por su atención y orientaciones en sentido metodológico a lo largo de todo el proceso de investigación; y a la Mtra. Teresa por sus cuidadosas observaciones que me permitieron mejorar el trabajo. También debo agradecer a la Dra. Delia Crovi y a la Dra. Raquel Sosa por sus valiosas observaciones.

Por último, también agradezco a mi amigo Raymundo Vite Cristobal con quien he discutido estos y otros temas.

## ÍNDICE

### AGRADECIMIENTOS

INTRODUCCIÓN ..... 4

### CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE LA TECNOLOGÍA Y LA TEORÍA SOCIAL LATINOAMERICANA

- 1.1. Planteamiento del problema ..... 7
- 1.2. Principales perspectivas teóricas sobre el problema de la tecnología en el pensamiento latinoamericano ..... 11
- 1.3. Consideraciones finales ..... 21

### CAPÍTULO II. LA PERSPECTIVA DE LA TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS: ALCANCES Y LÍMITES EPISTÉMICOS

- 2.1. Perspectiva disciplinaria y perspectiva de la complejidad ..... 26
- 2.2. Complejidad e interdisciplina: una justificación epistemológica ..... 33
- 2.3. Consideraciones finales ..... 62

### CAPÍTULO III. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ABORDAR EL PROBLEMA DE LA TECNOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON LO SOCIAL EN AMÉRICA LATINA, BAJO LA PERSPECTIVA DE LA TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS

- 3.1. ¿Qué es la tecnología? ..... 66
- 3.2. La tecnología como un sistema complejo ..... 76
- 3.3. La interdisciplina en el estudio de la tecnología ..... 77
- 3.4. Vuelta al problema de la tecnología en los países de América Latina  
80
- 3.5. Consideraciones finales ..... 91

IV. CONSIDERACIONES FINALES GENERALES ..... 93

BIBLIOGRAFÍA ..... 95

## INTRODUCCIÓN

Una característica peculiar de la sociedad moderna capitalista, es el progreso sorprendente que en ella han tenido la ciencia y tecnología. Dicho progreso parece influir, a su vez, sobre las mutaciones sociales que viven los seres humanos en esta sociedad. En este sentido, el problema de comprender las relaciones entre los procesos que implican el cambio tecnológico y los cambios en la sociedad, resulta un tema central para las ciencias sociales y las humanidades. Así, este problema se ha vuelto objeto de preocupación para filósofos, economistas y sociólogos, principalmente, quienes han reflexionado al respecto desde su “trinchera” teórica y metodológica. No obstante, se ha reconocido la magnitud que supone el problema y la necesidad de ser abordado bajo un enfoque integrador que trascienda las limitaciones marcadas por el enfoque en cada una de las disciplinas.

En el contexto de la teoría social latinoamericana, el problema ha sido tratado, principalmente, por la teoría de la dependencia y la teoría estructuralista de la CEPAL, aunque se han enfocado más en los efectos socio-económicos que puede tener, por ejemplo, la implementación de un cambio tecnológico en los países de América Latina, que en su estudio como un conjunto de procesos en sí mismos, lo cual, permitirá comprender sus mecanismos generales bajo la lógica del capitalismo y, con base en ello, elaborar una estrategia que permita a los países de la región abordar y dar solución a sus problemáticas.

Por otro lado, en la década de los años sesenta del siglo XX, se inició un nuevo *paradigma*<sup>1</sup> en las ciencias naturales conocido como Teoría General de Sistemas (TGS). Lo peculiar de este enfoque, es que los problemas planteados en diversas áreas de la ciencia fueron abordados a través de equipos de investigación interdisciplinaria. Posteriormente, en los años

---

<sup>1</sup> Nota: “paradigma” en el sentido de Thomas S. Kuhn, es decir, como el conjunto de teorías, supuestos ontológicos, principios metodológicos y valores que comparten los miembros de una comunidad científica.

ochenta, la convergencia de tres *programas de investigación científica*<sup>2</sup> (la TGS, la cibernética y la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD)) dio origen a la Teoría de Sistemas Complejos (TSC) que, en los últimos años ha tenido un desarrollo importante en el estudio de problemas de investigación de diversas áreas de la física, la química y la biología. Lo relevante es que se trata de un paradigma científico que, de manera específica, cuenta con un enfoque metodológico para el estudio de sistemas donde las interacciones de sus elementos generan propiedades o patrones generales que no es posible “descubrir” con base en el estudio de dichos elementos por separado. Esta perspectiva también se ha comenzado a aplicar en algunas áreas de las ciencias sociales como la economía y la sociología, convirtiéndose en una posibilidad para investigar problemáticas que resultan clave para comprender otros fenómenos sociales en los que su análisis parece *complicado* por la cantidad de relaciones y variables involucradas.

Así, la propuesta de este trabajo de investigación es que el *problema de la tecnología y su relación con lo social* en general, puede ser estudiado bajo la perspectiva de la TSC y que, en particular, el uso de este enfoque puede potenciar el alcance explicativo de las teorías de la dependencia y el estructuralismo cepalino, respecto de este tema. Sin embargo, tal afirmación requiere de una justificación epistemológica y metodológica que pueda servir de guía en las investigaciones futuras. Se trata pues, de una reflexión epistemológica sobre la TSC y, en particular, sobre el problema de la tecnología y su relación con *lo social* en general. Para ello, se recurre a la teoría epistemológica constructivista de Jean Piaget y Rolando García (Piaget-García) por tres motivos: primero, porque esta teoría presenta una explicación más completa acerca del problema del conocimiento (no solo a nivel científico); segundo, porque esta teoría surgió a partir de considerar las insuficiencias explicativas de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico, por lo cual, se desarrolla como una teoría científica y no filosófica del conocimiento y, además, porque esta teoría se fue construyendo bajo el

---

<sup>2</sup> Nota: “programas de investigación científica” en el sentido de Lakatos, esto es, como un conjunto de progresos realizados por diversas disciplinas en torno a un conjunto central de hipótesis.

enfoque de la TSC a partir de los equipos de investigación de carácter interdisciplinario que logró conformar Jean Piaget en Ginebra, Suiza, lo que permitió que, posteriormente, Rolando García elaborara una justificación constructivista de esta teoría.

Con base en dicha justificación se discuten algunos significados del término ‘tecnología’ y se propone uno que se inscribe en el marco de la TSC. Posteriormente, se retoma el problema de la tecnología y su relación con *lo social*, entendido como una línea de investigación en el marco de la teoría social latinoamericana, y se exploran algunos ejemplos relacionados con ésta, para observar el uso de la TSC y sus herramientas de análisis, en particular, la teoría de redes complejas. Cabe señalar, que un resultado esclarecedor en sentido metodológico que muestra el presente trabajo de investigación, alude a la relación TSC-interdisciplina. Así, la TSC implica la investigación interdisciplinaria, pero no toda investigación interdisciplinaria implica la perspectiva de la TSC, lo cual, se observa al revisar algunos aspectos metodológicos de la vertiente estructuralista de la CEPAL, bajo la cual se aborda la realidad social de los países latinoamericanos de manera interdisciplinaria, pero bajo una noción rígida de las estructuras económica y social de estos países.

Por último, cabe mencionar que el presente trabajo está estructurado de la siguiente forma: en el primer capítulo, se presenta el problema de la tecnología y la teoría social latinoamericana; en el segundo capítulo, se presenta la perspectiva de la complejidad con la intención de revisar sus alcances y límites epistémicos; en el tercer capítulo, se aborda el problema de la tecnología y su relación con *lo social* y se plantea una propuesta metodológica para su estudio en los países de América Latina bajo la perspectiva de la TSC. También se retoma la teoría de la dependencia y la teoría estructuralista de la CEPAL para mostrar la posibilidad de que estas teorías, al apoyarse en la perspectiva de la complejidad, pueden potenciar sus explicaciones sobre el problema de la tecnología y su relación con *lo social* en los países de la región. Finalmente, se vierten algunas consideraciones finales.



# CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE LA TECNOLOGÍA Y LA TEORÍA SOCIAL LATINOAMERICANA

## 1.1. Planteamiento del problema

La fase histórica por la que pasa hoy en día la humanidad, y que algunos científicos sociales la han bautizado como *globalización*<sup>1</sup>, se caracteriza por intensos cambios en todos los ámbitos de la vida de los seres humanos: económico, social, político, ambiental y cultural. La dinámica que siguen estos cambios presentan *prima facie* un problema de carácter epistemológico a las humanidades y ciencias sociales: la resistencia que “oponen” los fenómenos sociales a las posibles explicaciones, que los diversos especialistas, pueden ofrecer en cada uno de estos ámbitos, lo cual, hace más difícil la comprensión de esta fase histórica y de los posibles sentidos que pueda tomar en el futuro. Así, el *pensamiento social*<sup>2</sup>, es decir, la reflexión de una sociedad sobre sí misma, se presenta más difícil conforme los procesos sociales se hacen más *complicados*, esto es, conforme intervienen más y nuevas variables; los cambios en sus estructuras ocurren más rápido, etc., lo cual pone en evidencia, a su vez, las limitaciones teóricas y metodológicas de los enfoques usados para dar cuenta de *lo social*<sup>3</sup>.

No obstante, cabe señalar que, desde el punto de vista de las ciencias sociales (que conservan un mínimo de optimismo frente al escepticismo

---

<sup>1</sup> Nota: aunque el término 'globalización' adopta diversos significados en el contexto académico actual, por lo que merecería un análisis semántico riguroso, el economista español Javier Martínez Peinado señala que la globalización (es decir, el proceso social en sí mismo) tiene al menos tres dimensiones: la real, la ideológica y la política. En el presente trabajo haremos referencia, principalmente, a la dimensión real, entendida como la actividad económica que se realiza en y para un marco (o mercado) supranacional, que implica decisiones tomadas por agentes no definidos por su carácter nacional, y que está regulada por mecanismos inaccesibles o inmanejables por las instituciones u organismos definidos a escala local, nacional o regional. (Vid., MARTÍNEZ, P. Javier. “Globalización: elementos para el debate”).

<sup>2</sup> Vid., MARINI, M. Ruy. “Las raíces del pensamiento latinoamericano”. En Archivo de Ruy Mauro Marini.

<sup>3</sup> Nota: uso el término ‘lo social’ para referirme, en general, a la realidad social y humana en distinción de ‘lo natural’ para referirme a la realidad no social. Entendido como objeto de estudio, ‘lo social’ hace referencia a los aspectos estudiados por diversas disciplinas. En general, se puede afirmar que ‘lo social’ se refiere a los aspectos económicos, sociales, políticos y culturales que constituyen la realidad social.

global), no todo es bruma e incertidumbre. De esta manera, algunos autores, principalmente sociólogos y economistas, han puesto sobre la mesa de discusión un problema nodal a partir del cual se podrían comprender muchos de los fenómenos sociales que ocurren en la presente fase histórica: *cómo repercuten los cambios científicos y tecnológicos en las diversas esferas de la vida social*.

En la economía se ha desarrollado, a partir de los años sesenta del siglo XX, una rama conocida como *economía de la tecnología*, principalmente bajo la preocupación planteada por la vertiente *evolucionista*<sup>4</sup>. Empero, las reflexiones en torno a la tecnología han estado presentes, en esta disciplina, en casi todas sus vertientes teóricas: en la concepción clásica, sobre todo en la vertiente marxista bajo el concepto de *fuerzas productivas*, que considera un conjunto de elementos que potencian la capacidad de organización socio-económica que tiene una sociedad. Entre dichos elementos se encuentran: el mercado, la habilidad que adquiere la *fuerza de trabajo* en el proceso de producción y, particularmente, el avance de la ciencia y la tecnología. En la vertiente neoclásica, se incorpora el aspecto tecnológico al estudio de la economía bajo el concepto de *progreso técnico*, el cual, desglosa la productividad de los factores del trabajo y el capital y, finalmente, la vertiente schumpeteriana plantea el problema de la tecnología bajo el espíritu innovador del *emprendedor*, en los años treinta del siglo pasado.<sup>5</sup>

Volviendo sobre la economía de la tecnología, cabe mencionar que la vertiente evolucionista ha contribuido al problema de la tecnología y sus repercusiones en diversos ámbitos de *lo social*, en particular, autores como Dosi, Freeman y Pérez (1988) sostienen, con base en los conceptos de *cambio tecnológico e innovación*, que existe una relación entre la evolución institucional y éstos, relación que se expresa a través del término *sistema*

---

<sup>4</sup> Nota: esta vertiente teórica enfoca el problema de la tecnología desde un enfoque que tiene como base a la biología, por lo cual, centra su análisis en el concepto de *orden natural* desde un punto de vista social, con fuerte influencia de las corrientes clásica y schumpeteriana de la economía.

<sup>5</sup> Vid., CORONA, T., Leonel (compilador). *Teorías económicas de la innovación tecnológica*. México, 2002. Coedición: Instituto Politécnico Nacional (IPN) y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

*nacional de innovación.*<sup>6</sup> En sus estudios al respecto, Carlota Pérez (2004) analiza el cambio social (institucional) a partir de la relación entre las revoluciones científico-tecnológicas y el capital financiero. Así, algunos fenómenos relevantes que caracterizan a la globalización, por ejemplo, el peso determinante que tiene el capital financiero en la orientación del proceso efectivo de la economía, se plantean en el contexto de la última revolución tecnológica (informática) y se analizan sus repercusiones en el marco institucional. Cabe rescatar también, el carácter metodológico integral y dinámico (histórico), de estos estudios.<sup>7</sup>

Por otro lado, en el ámbito de la sociología, destaca el trabajo de investigación que ha realizado al respecto el sociólogo español Manuel Castells quien, de forma análoga a los economistas de la vertiente evolucionista, plantea el problema de la dinámica de fenómenos sociales como el desempleo, la migración, entre otros, bajo el contexto de la revolución científico-tecnológica que ha producido la informática.<sup>8</sup>

Por su parte, las humanidades y, en particular la filosofía, también han puesto atención al problema de la tecnología, principalmente para evaluar, desde el punto de vista ético, las posibles consecuencias en *lo social* de los cambios científicos y tecnológicos de mayor trascendencia para la vida de los seres humanos como el conocimiento del genoma humano, la clonación, entre otros, así como sus posibles efectos sobre el medio ambiente. En general, la filosofía ha puesto sobre la mesa de discusión, un conjunto de problemas principalmente de carácter epistemológico y ético respecto a la tecnología. Más adelante volveremos, en este capítulo, sobre este punto. Por el momento, basta resaltar la pertinencia que tiene abordar el problema de la tecnología y su relación con lo social, tanto en el contexto de las ciencias sociales como en el de las humanidades para comprender la dinámica de los fenómenos sociales en la fase global del capitalismo. Cabe poner énfasis también en la tendencia de que, para abordar la relación

---

<sup>6</sup> *Ibíd.*

<sup>7</sup> Vid., PÉREZ, Carlota. *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza.* México, 2004. Editorial Siglo XXI.

<sup>8</sup> Vid., CASTELLS, Manuel. *La era de la información.* México. Editorial Siglo XXI.

tecnología-sociedad, se plantea un enfoque metodológico que trascienda la perspectiva unidisciplinaria, es decir, se plantea el problema bajo una perspectiva interdisciplinaria que sea capaz de representar la dinámica y no linealidad de los procesos sociales.

Por otro lado, en algunos países del Centro se está consolidando una perspectiva teórica y metodológica conocida como Teoría de Sistemas Complejos (TSC) o Ciencia de la Complejidad (CC) para comprender no solo la dinámica de procesos naturales como las reacciones químicas, los fenómenos meteorológicos, procesos biológicos, entre otros, sino también para comprender los fenómenos sociales. Hay que señalar que este nuevo *paradigma*<sup>9</sup> científico, parte de una crítica a la perspectiva determinista y lineal que caracteriza al enfoque de la perspectiva unidisciplinaria, el cual, se inscribe dentro del paradigma newtoniano que ha predominado en la ciencia moderna desde el siglo XVIII.

Así, la TSC con apoyo en modelos matemáticos y de cómputo, estudia la dinámica de fenómenos naturales o sociales vistos como sistemas complejos y propone el enfoque metodológico interdisciplinario para comprender las cualidades de dichos procesos a través de su modelación. En el capítulo dos se abordará con detalle esta teoría. Por lo pronto, hay que señalar que la perspectiva que ofrece la TSC podría ayudar a comprender la dinámica de los procesos relacionados con el cambio tecnológico y su relación con *lo social*.

Ahora bien, desde el punto de vista de la *teoría social latinoamericana*, entendida ésta como el pensamiento social crítico que reflexiona en torno a la problemática de las estructuras económicas, sociales, políticas y culturales propias de las sociedades latinoamericanas inmersas en el capitalismo<sup>10</sup>, resulta obvio pensar que el estudio de estas condiciones tiene que considerar, como un problema nodal, los cambios científicos y

---

<sup>9</sup> Nota: uso el término ‘paradigma’ en el sentido de Thomas S. Kuhn, es decir, como el conjunto de teorías, principios ontológicos y metodológicos que comporten los miembros de una comunidad científica.

<sup>10</sup> Vid., MARINI, M. Ruy. Op.Cit.

tecnológicos que se desprenden en el contexto de la revolución científico-tecnológica que caracteriza al capitalismo en esta fase histórica y, a partir de allí, reubicar a las sociedades latinoamericanas en el contexto del capitalismo a nivel mundial para plantear posibles alternativas de desarrollo, en los diversos ámbitos, para estos países. Por ello, se expondrá a continuación algunas vertientes teóricas y enfoques pertenecientes a este pensamiento, para observar en qué medida se han preocupado sobre este problema. Ahora bien, considerando que:

“(…) la madurez de nuestra teoría social culmina con los aportes que harán los pensadores de la CEPAL y, luego, de la teoría de la dependencia.”<sup>11</sup>

Se revisarán entonces algunas reflexiones que, en particular, estas vertientes teóricas han hecho al respecto.

## **1.2. Principales perspectivas teóricas sobre el problema de la tecnología en el pensamiento latinoamericano**

### **1.2.1. La teoría de la dependencia**

En primer lugar, cabe preguntarse ¿qué es la teoría de la dependencia? Al respecto, el sociólogo Adrián Sotelo ofrece una respuesta clara a esta pregunta cuando señala que:

“La teoría de la dependencia surgió a mediados de la década de los sesenta del siglo pasado (siglo XX). Es la corriente del pensamiento latinoamericano encaminada a estudiar las raíces del desarrollo del capitalismo, el subdesarrollo y el atraso para discutir y, en su caso, destacar los mecanismos de superación frente a esas problemáticas.”<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> MARINI, M. Ruy. Op.Cit., p.8.

<sup>12</sup> SOTELO V, Adrián. *Dependencia y sistema mundial: ¿convergencia o divergencia? Contribución al debate sobre la teoría marxista de la dependencia en el siglo XXI.* p. 1.

El mismo Sotelo aclara que esta teoría se divide en dos corrientes:

- i) la corriente representada, principalmente, por Fernando Henrique Cardoso y Enzo Faletto, así como la mayoría de los autores cepalinos, quienes consideran que la dependencia constituye un problema *coyuntural* y, por ende, superable en el marco del capitalismo; y
- ii) la corriente representada, primordialmente, por autores como Ruy Mauro Marini, André Gunder Frank y Theotonio Dos Santos, entre otros. Este grupo de pensadores latinoamericanistas sostiene que la dependencia es un problema *estructural e integral*, que se podría superar al quedar superado y aniquilado el modo capitalista de producción.<sup>13</sup>

Ahora bien, de acuerdo con esta perspectiva teórica uno de los aspectos que forman parte de esta dependencia integral que caracteriza a los países de América Latina es, precisamente, la *dependencia tecnológica*. Por ello, cabe formularse la siguiente pregunta: ¿por qué resulta prioritario para estos países abordar el problema de la dependencia tecnológica en la fase del capitalismo global? Porque la debilidad que han mostrado en su desarrollo científico y tecnológico,

“(...) se hace más crítica con la creciente brecha tecnológica dado el aumento de la importancia estratégica que la tecnología, en sus más variados campos de aplicación, tiene para los países dependientes, sobre todo en un momento en el que, en los mercados internacionales, los capitales compiten en un acelerado proceso de integración de las economías nacionales a la economía mundial.”<sup>14</sup>

Además, esta brecha tecnológica repercute en otros ámbitos sociales, reproduciéndose así, la dependencia integral de los países latinoamericanos respecto de los países del Centro.

---

<sup>13</sup> *Ibíd.*

<sup>14</sup> DOMINGOS, O. Nildo y VIEIRA, Pedro Antonio. “La dependencia tecnológica en el pensamiento latinoamericano. Una agenda para el debate”. En CORONA, T., Leonel. Op. Cit., p. 182.

Así, una vez establecido el problema de la dependencia tecnológica, veamos cómo ha sido abordado por algunos autores de la teoría de la dependencia. Cabe señalar, siguiendo a Vieira y Domingos, que de las corrientes de esta teoría anteriormente mencionadas, la teoría marxista de la dependencia es la que parece:

“(…) explicar más adecuadamente el débil desarrollo científico y tecnológico de la América Latina.”<sup>15</sup>

Sin embargo, aunque autores como Marini y Dos Santos se refieren a la “dependencia tecnológica” en varios de sus trabajos<sup>16</sup>, lo hacen bajo un marco teórico muy general y preocupados más por los efectos de la difusión de las innovaciones tecnológicas en relación con los procesos de creación y reproducción de los mecanismos de dependencia, los cuales, ocurren en América Latina a través de las inversiones que realizan las empresas transnacionales, más que por explicar, bajo el marco teórico marxista, los mecanismos o leyes que regulan la generación, aplicación, innovación y difusión de los cambios tecnológicos en sí mismos. En particular, Marini aborda el tema de la difusión tecnológica y el progreso técnico en las economías dependientes, para resaltar su relación con la sobre explotación de la fuerza de trabajo y la transferencia de valor hacia las economías centrales, mecanismo por el cual, se afianza la dependencia de los países latinoamericanos. En el caso de Dos Santos, pone énfasis en que la dependencia tecnológico-industrial ocurre a través de la presencia de las empresas transnacionales que realizan inversiones en las industrias orientadas a satisfacer la demanda interna, durante el periodo de la posguerra.<sup>17</sup>

Aunque se logró avanzar sobre el estudio de las características y mecanismos que intervienen en la dependencia socio-económica en general, el avance respecto del proceso del cambio tecnológico en sí mismo fue

---

<sup>15</sup> *Ibidem.*

<sup>16</sup> Vid., MARINI, M. *Dialéctica de la dependencia*. México, 1987. Editorial Era, 9a. Edición; y DOS SANTOS, T. *Imperialismo y Dependencia*. México, 1986. Editorial Era.

<sup>17</sup> Vid., DOMINGOS y VIEIRA. *Op. Cit.*

insuficiente. Domingos y Vieira agregan que los estudios sobre los escritos de Marx acerca de la cuestión tecnológica que llevó a cabo el filósofo Enrique Dussel ofrecen elementos, principalmente de carácter metodológico, no solo para pensar en la posibilidad de una teoría marxista de la dependencia sino, además, para investigar el problema de la dependencia tecnológica, a partir de la existencia del capital como relación social, lo cual, permitiría contar con un marco interpretativo general para interpretar este problema desde la perspectiva de la dinámica del capitalismo. Sea como fuere, la teoría marxista de la dependencia está inconclusa y, por ello, no cuenta aún con un marco teórico general que permita visualizar la importancia que tiene el estudio de las leyes que regulan la dependencia tecnológica vista como un proceso en sí mismo.

### **1.2.2. La corriente estructuralista de la CEPAL**

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL), organismo que pertenece a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y con sede en Santiago de Chile, desarrolló otra vertiente del pensamiento latinoamericano conocida como la *corriente estructuralista*, siendo ésta la teoría que predomina en la CEPAL. En términos generales, se distingue, en los ámbitos teórico y práctico, de la teoría de la dependencia. A nivel teórico, la corriente estructuralista pone énfasis en el desarrollo hacia dentro de los países latinoamericanos y, en particular, sostiene que el problema de la dependencia en la que se encuentran inmersos estos países, se puede superar dentro de los márgenes que establece el capitalismo, mientras que la teoría de la dependencia, en particular la teoría marxista de la dependencia sostiene, como se vio en el apartado anterior, que el problema de la dependencia es solo superable al superar y cancelar al capitalismo. A nivel práctico, la corriente cepalina, aprovechando la posibilidad que se abrió en las esferas gubernamentales de los países de América Latina a partir de la segunda posguerra hasta principios de los años ochenta, logró poner en práctica sus ideas, principalmente a nivel de política industrial. Por su parte, la teoría de la dependencia se ubicó en los círculos

académicos, desde los cuales, dirigió su crítica y discutió diversos temas relacionados con la dependencia. En este sentido, el proyecto político de esta teoría se puede ubicar, tal vez, como una utopía o un proyecto a largo plazo.

Una vez señalado *grosso modo* en qué consiste la corriente estructuralista así como sus diferencias con la teoría de la dependencia, exploremos algunas de sus ideas respecto del cambio tecnológico en las economías latinoamericanas. De acuerdo con esta vertiente de la teoría social latinoamericana, el *cambio tecnológico* es considerado como una variable endógena al proceso de desarrollo y, por lo mismo, como un elemento que puede influir en la determinación de una estrategia de desarrollo. Así, estas ideas encontraron su aplicación a través de la influencia que tuvieron sobre las políticas de industrialización en los países de la región, durante las décadas posteriores a la segunda guerra mundial. Se creía que, de acuerdo con esta perspectiva, el atraso de la región se debía:

“(…) a la carencia de un desarrollo industrial capaz de remontar la relación Centro-Periferia con sus términos de intercambio siempre negativos para esta última”.<sup>18</sup>

El proceso de industrialización que experimentaron las economías de los países latinoamericanos ocurrió, cabe señalarlo, a través de una importante actividad económica del Estado, teniendo como principales instrumentos a las políticas de protección y fomento industrial. Así, la estrategia de desarrollo que adoptaron los países de la región, consistió en la industrialización a través de la sustitución de importaciones. Inicialmente, algunos países como México, Brasil y Argentina, se plantearon sustituir algunos bienes de consumo y, posteriormente, sustituir bienes de capital (maquinaria y equipo), sin embargo, este proceso no se concretó. El economista Armando Kuri Gaytán señala que, además, hubo otros efectos perniciosos para las economías de la región como:

---

<sup>18</sup> KURI, G. Armando. “El cambio tecnológico en la perspectiva estructuralista cepalina.” En CORONA, T. Leonel. Op. Cit., p. 173.

- i) la creación de una estructura industrial poco competitiva y desintegrada;
- ii) crecimiento de las ganancias de las empresas (nacionales y transnacionales) a costa de un creciente déficit gubernamental; y
- iii) la configuración de una pauta de desarrollo tecnológico imitativo y sin posibilidades de adaptación y, con ello, de control interno.<sup>19</sup>

La pauta y el control del cambio tecnológico siguieron en manos de la inversión extranjera, a través de las empresas transnacionales ubicadas en sectores de la industria que eran estratégicos para el crecimiento económico como la industria automotriz, electrodomésticos, entre otros. El resultado fue un proceso de industrialización que exaltó lo que Anibal Pinto llamó la *heterogeneidad estructural* que caracteriza a las sociedades latinoamericanas. De esta manera,

“(…) aunque la América Latina tuvo a su alcance el acervo tecnológico existente en los países avanzados, le fue imposible su acceso debido a problemas estructurales (...) Sin duda que el atraso de nuestra región ha sido resultado de factores *mucho más profundos, o estructurales en la jerga cepalina*, que lejos de convertirse en ventaja han funcionado claramente como desventaja.”<sup>20</sup>

Si bien es cierto que la vertiente teórica del estructuralismo cepalino puso énfasis en la superación de factores estructurales propios de las sociedades latinoamericanas, para tratar de cerrar la brecha de desarrollo con respecto de los países del Centro, como el problema de la distribución del ingreso; también es cierto que no puso suficiente atención, tanto a nivel teórico como político, de otros elementos importantes en la construcción de una estrategia de desarrollo como lo es el problema del cambio tecnológico y sus implicaciones en el ámbito social. Esta deficiencia se hace evidente en la posición ambigua que pareció tomar la CEPAL durante esas décadas respecto de la política de ciencia y tecnología en los países de la región: por

---

<sup>19</sup> *Ibíd.*

<sup>20</sup> *Ibíd.*, 175. El subrayado es mío.

un lado, concebía a ésta como un factor determinado por el estilo de desarrollo y, por otra parte, veía en ella posibilidades de ser uno de los motores del desarrollo independientemente del estilo de desarrollo en curso.

21

Nuevamente, se presenta la pregunta que ha llevado a la discusión a muchos científicos sociales al respecto: ¿por qué los países de América Latina no aprovecharon la coyuntura histórica de mitad del siglo XX para independizarse, en todos los ámbitos, de los países del Centro? Se trata pues, de un proceso histórico complicado donde intervienen causas de diverso tipo: políticas, económicas, ideológicas, metodológicas, etc. No es el propósito de este capítulo ofrecer una posible respuesta a esta pregunta sino, simplemente, señalar en qué medida resulta importante el estudio de la tecnología en todas sus fases de desarrollo y cómo éstas se relacionan con lo social y, en este sentido, mostrar las contribuciones hechas al respecto por el pensamiento latinoamericano. Así, por lo menos hasta los años setenta del siglo pasado no se observa, en la vertiente del estructuralismo cepalino, una preocupación por estudiar los determinantes del progreso tecnológico sino, más bien, la preocupación por estudiar sus efectos, principalmente, sobre la distribución del ingreso en los países de la región.

En este sentido, la obra de Fernando Fajnzylber destaca, entre los años setenta y ochenta, por el intento de cubrir algunas deficiencias de esta vertiente teórica sobre la explicación del cambio tecnológico. La noción que desarrolló este autor fue, principalmente, la de 'competitividad estructural' en la búsqueda de 'competitividad', 'progreso técnico' y 'equidad social' para los países de Latinoamérica. De acuerdo con Fajnzylber, estas nociones se encuentran relacionadas entre sí, de tal forma que la noción de 'competitividad' no solo se refiere a la capacidad que tiene la economía de un país para participar en los mercados internacionales sino, además, a la capacidad que tiene para aumentar, simultáneamente, la calidad de vida de su población. Esto último requiere de incrementos en la productividad y, por ello, de la incorporación del cambio tecnológico. Sin embargo,

---

<sup>21</sup> *Ibíd.*

Fajnzylber era consciente de que dicha tarea presupone la existencia de estabilidad macroeconómica y, además, la realización de alianzas estratégicas entre el Estado, las empresas y una red de instituciones públicas y privadas tecnológicas, de capacitación y perfeccionamiento profesional, de investigación y ambientales, que coadyuven a la creación de ventajas competitivas específicas. Para este autor, los procesos de aprendizaje de los protagonistas resultan clave en el surgimiento de ventajas competitivas. Así, Fajnzylber propuso un esquema analítico, el cual:

“(…) tiene dos componentes: el núcleo básico, integrado por la estructura agraria, el sistema industrial, las pautas de consumo e inversión y la equidad, y los *factores que condicionan la dinámica del núcleo básico*, como la dotación de recursos naturales, las tendencias demográficas, la capacidad del empresariado nacional, *el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico*, la inversión extranjera directa, el sistema financiero y la pauta de consumo internacional.”<sup>22</sup>

Cabe señalar que este autor avanzó, respecto de los primeros pensadores del estructuralismo cepalino, en el sentido de que visualizó la importancia del cambio tecnológico en las políticas de desarrollo de los países de América Latina, ubicándolo como parte de las *condiciones de contorno* del sistema económico, según su esquema analítico. Con base en dicho esquema, Fajnzylber pudo inferir algunos resultados relacionados con los procesos de crecimiento y equidad de algunos países latinoamericanos y compararlos con los resultados correspondientes a otros países subdesarrollados que han logrado encontrar alguna ruta de crecimiento o equidad social. Uno de los resultados que arrojó el estudio de Fajnzylber es que ninguno de los países de América Latina logró encontrar una ruta de crecimiento con equidad social. A este resultado se le conoce como el “casillero vacío” de Fajnzylber. Esto hace pensar en la relevancia que influyen directamente en la competitividad estructural como podrían ser,

---

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p.173. El subrayado es mío.

entre otros: la gestión empresarial, el sistema financiero, el sistema educativo, la capacitación laboral permanente y un adecuado sistema institucional, para el cumplimiento de los fines de competitividad, crecimiento económico y equidad.<sup>23</sup>

Además, como señala Kury Gaytán:

“Estas tareas deberán ser compartidas entre un sector privado moderno, dinámico e innovador y un sector público fuerte, eficiente y con plena conciencia de que su papel es clave no sólo en la conformación de un marco macroeconómico estable, sino también como pieza central de enlace entre los distintos agentes, cuya actuación deberá ser acorde con los lineamientos de una política económica que, en sus distintas facetas, tenga como fin último el crecimiento económico con mejor competitividad y equidad social.”<sup>24</sup>

Aunque en el esquema analítico que propone Fajnzylber para estudiar el desarrollo de los países de América Latina no aparece la visión de Estado que tiene la oligarquía en turno, es otra variable que habría que considerar para comprender los procesos de desarrollo y cambio tecnológico en estos países, ya que dicha visión también influye en la manera en que las instituciones sopesan la importancia de las políticas a favor de la ciencia y la tecnología y su relación con el desarrollo de un país. Así, durante el periodo de industrialización vía sustitución de importaciones el Estado fue el gran promotor de la ciencia y la tecnología en la región a través, principalmente, de las universidades públicas así como la creación de centros de investigación vinculados directamente con algún sector de la economía. Sin embargo, dicho papel del Estado ha perdido su importancia bajo la dinámica del capitalismo global ya que, se supone, que la promoción de ciencia y tecnología, así como su orientación, tiene que quedar en manos, según la ideología neoliberal, de las empresas privadas. Esto significa que la comprensión de los cambios tecnológicos y su relación

---

<sup>23</sup> *Ibíd.*

<sup>24</sup> *Ibíd.*, p.181.

con lo social, tendría que modificarse al cambiar la forma en cómo se relacionan los sectores, agentes y variables involucradas en estos procesos. Esto sugiere, además, que se trata *prima facie* de fenómenos sumamente complicados.

Ahora bien, es cierto que Fajnzylber avanzó en el planteamiento del problema de la tecnología y su relación con lo social en América Latina, en el sentido de que tiene que abordarse bajo una perspectiva interdisciplinaria. Sin embargo, su perspectiva teórica, la cual se inscribe en el estructuralismo cepalino, no logra superar al determinismo económico que caracteriza a las explicaciones sobre el problema del desarrollo. Sobre este punto, señala Octavio Rodríguez que:

“(…) la ‘teoría especial’ recién mencionada (la teoría estructuralista de la CEPAL) se construye con el cabal cumplimiento de los requisitos de coherencia interna propios de la economía convencional, y que por ende se inscribe a plenitud en la misma.”<sup>25</sup>

De esta manera, la concepción sobre el ‘desarrollo’ en el que se apoyan los estudios de los autores que pertenecen a esta corriente teórica, se inscriben en la teoría económica convencional (teorías neoclásica y keynesiana) porque se supone que el sistema económico es único y se halla compuesto por dos polos: las economías del Centro (países desarrollados) y las economías de la Periferia (países subdesarrollados). El problema de la tecnología y su relación con *lo social* se inserta dentro de este esquema y la noción de ‘tecnología’ se plantea en términos económicos, esto es, asociada a los niveles de productividad que puede alcanzar un país. Para Fajnzylber la noción de ‘avance tecnológico’ se refiere al aprovechamiento de procesos de aprendizaje que se expresan en el surgimiento de ventajas competitivas. Como señala Octavio Rodríguez:

“Subyace en lo anterior un concepto implícito de *eficiencia*, asociable a

---

<sup>25</sup> RODRÍGUEZ, Octavio. *El estructuralismo latinoamericano*. Madrid, 2006. Editorial Siglo XXI y CEPAL, p.29.

una continuidad dinámica de la *acumulación* y del *crecimiento*, que conlleva la incorporación también continua de progreso técnico.”<sup>26</sup>

Se trata pues de una concepción determinista y reduccionista del cambio tecnológico. Es determinista en tanto que supone que el avance tecnológico solamente se expresa a través de los niveles de productividad que puede alcanzar una economía; y es reduccionista porque, entendido así el fenómeno, se trata de un problema estrictamente económico y, por consiguiente, puede ser explicado únicamente en el ámbito de la teoría económica convencional. El reconocimiento de variables de carácter no económico relacionadas con el cambio tecnológico, se presentan como factores externos que pueden inhibir o estimular este proceso. De esta forma, el estructuralismo cepalino se apoya en las nociones de ‘sistema’ y ‘estructura’, pero bajo una concepción determinista el ‘sistema’ se concibe como un conjunto de relaciones dadas (estructura) entre los elementos que lo componen. Estas limitaciones sugieren, por lo menos, la posibilidad de considerar el enfoque metodológico de la TSC y replantear la forma en que se ha estudiado el cambio tecnológico y su relación con *lo social* en los países de América Latina.

### 1.3. Consideraciones finales

En resumen, para la teoría de la dependencia y, en particular, para la vertiente marxista de ésta, el cambio tecnológico es considerado como un elemento 'nocivo' en el sentido de que las revoluciones tecnológicas sólo afianzan la explotación y super-explotación de la fuerza de trabajo en los países de la Periferia a través de las grandes empresas que provienen de los países del Centro. No obstante, el estudio de los procesos relacionados con los cambios tecnológicos en sí mismos, así como el estudio de las leyes que regulan las fases de éstos (generación, aplicación, innovación y difusión) y su relación con *lo social*, no han merecido la atención de la teoría de la

---

<sup>26</sup> Ibíd., p.21. El subrayado es mío.

dependencia para que, una vez comprendidas estas leyes, pudieran plantearse, en el contexto de esta teoría, estrategias de liberación de los países de la Periferia respecto del Centro y, en general, respecto del capitalismo.

En cuanto a la vertiente teórica del estructuralismo cepalino, tampoco se encuentran planteamientos sobre el estudio de los procesos tecnológicos en sí mismos, sin embargo, si existe la preocupación por comprender dichos procesos, principalmente, a través de los estudios realizados por Fernando Fajnzylber, quien ubica la importancia de los cambios científicos y tecnológicos, como parte de las condiciones de contorno que influyen en el crecimiento económico y los niveles de equidad social que puede alcanzar una economía. Otro aspecto que hay que resaltar, es que dicha problemática se plantea bajo una perspectiva interdisciplinaria, lo cual, se ubica dentro de la misma tendencia que se observa en otros autores. No obstante, el enfoque sistémico del estructuralismo cepalino se inscribe en una concepción determinista sobre el ‘desarrollo económico’, lo que se expresa en la idea de que el sistema económico mundial es bipolar, es decir, se halla configurado por las relaciones dadas entre las economías del Centro y las economías de la Periferia. Este determinismo implica, a su vez, una concepción reduccionista en el sentido de que el ‘desarrollo’ es visto como un problema de carácter estrictamente económico, tal y como lo concibe la teoría económica convencional y, aunque se reconocen otros factores de carácter no económico asociados al desarrollo, éstos se presentan como factores externos que pueden inhibir o incentivar el proceso de crecimiento económico que se refleja en un mejor nivel de vida de la población. Estas limitaciones de carácter metodológico, abren la posibilidad de usar otros enfoques que permitan inferir otras posibilidades con base en el análisis de la dinámica como el enfoque de la TSC para comprender las cualidades asociadas a dinámica y no linealidad asociadas a los fenómenos sociales. Dicho marco, permitirá reubicar a las economías de los países latinoamericanos en el contexto mundial contemporáneo y, a partir de allí, elaborar y aplicar una estrategia de política económica que permita, de acuerdo con el contexto de esta teoría, superar la dependencia de los países

de América Latina respecto de los países del Centro a través de una estrategia de desarrollo.

Estas observaciones indican la relevancia que tiene el estudio de los procesos tecnológicos en sí mismos y su relación con lo social, para cualquiera de los marcos teóricos de estas dos vertientes de la teoría social latinoamericana. Por otro lado, los procesos relacionados con este problema son *prima facie* complicados de abordar, ya que en cada una de las fases relacionadas con los cambios tecnológicos intervienen variables diversas que, por lo general, han sido abordadas, en algunos casos, por separado y en otros, no han sido tratados, por ejemplo, la relación política-ciencia. No obstante, los últimos estudios al respecto muestran que se requiere de una perspectiva integral para comprender la dinámica de estos fenómenos. Esto es, se requiere ir más allá del conocimiento unidisciplinario y especializado. Así, en la introducción (la cual es de carácter metodológico) de su libro *Revoluciones tecnológicas y capital financiero*, Carlota Pérez hace una observación crítica a la forma en cómo los economistas han visto, como si fueran fenómenos independientes, por un lado a las finanzas y, por otro lado, a los procesos relacionados con el cambio técnico, agregando que ambas cuestiones serán tratadas en su libro bajo una interpretación interdisciplinaria más amplia, que trascienda las fronteras de la economía.<sup>27</sup>

Ahora bien, bajo el contexto de la teoría social latinoamericana, el estudio de las fases que supone el cambio tecnológico así como sus implicaciones de carácter social, podrían ser abordados bajo la TSC a partir de las condiciones y características propias de las sociedades latinoamericanas, tales como la heterogeneidad estructural de sus economías; su diversidad cultural; sus estructuras de gobierno oligárquicas, y otras características señaladas por los estudiosos de la región a través de diversas disciplinas: historia, economía, ciencia política, etc. Sin embargo, el camino por recorrer no es sencillo ya que aún no se cuenta, en el ámbito de las disciplinas sociales y humanidades, con suficiente experiencia en el trabajo

---

<sup>27</sup> Vid., PÉREZ, Carlota. Op., Cit.

de investigación interdisciplinaria. Aún más, predomina un rechazo al uso de modelos matemáticos y de cómputo en el estudio de los fenómenos sociales, lo que imposibilita trascender las fronteras entre ciencias naturales y sociales problema que, en los institutos de investigación de los países del Centro, están superando al abordar problemas relacionados con diversos ámbitos: educación, economía, ejército, etc., que, a su vez, tienen efectos sobre la dinámica del capitalismo global. En este sentido, la crítica planteada por Pablo González Casanova al pensamiento crítico en cuanto a que éste no se ha interesado por estudiar las modificaciones que ha experimentado el capitalismo a partir de los cambios tecnológicos, lo que a su vez incapacita a dicha perspectiva para ofrecer alternativas políticas y sociales, resulta acertada también para la teoría social latinoamericana, la cual, se considera inscrita dentro de aquél. Así,

“El pensamiento crítico repite sus rechazos al mismo tiempo que se ha dado un cambio en la práctica de las ciencias y técnicas dominantes y en su articulación a la política, a la guerra y a la economía para la construcción de sistemas interactivos en que se incrementan las probabilidades de triunfo de quienes las diseñan e implementan. Y ese cambio tan importante del poderío tecnológico y su alteración del modo de producción, dominación y apropiación en el capitalismo *no merecen la atención prioritaria del pensamiento crítico.*”<sup>28</sup>

Vistas así las cosas, la teoría social latinoamericana podría aprovechar los conocimientos que se derivan de la nueva articulación entre ciencias, tecnología y humanidades, no sólo para comprender la forma en que estos conocimientos están modificando la dinámica del capitalismo y, por ende, las relaciones entre el Centro y la Periferia sino, además, para construir alternativas de desarrollo que permitan, a los países de América Latina, otras perspectivas de desarrollo diferentes a las determinadas bajo éstas.

Sin embargo, habría que esclarecer primero, algunas cuestiones entorno a

---

<sup>28</sup> Vid., GONZÁLEZ, C. Pablo. *Las Nuevas Ciencias y las Humanidades. De la academia a la política.* Barcelona, 2005. Coedición: Anthropos e IIS, UNAM, p. 40. El subrayado es mío.

lo que llamamos 'perspectiva de la complejidad' para, después, proponerla en el estudio de las fases que describe el proceso tecnológico en sí mismo y su relación con *lo social* en el contexto de los países de la región. Así, habría que esclarecer las siguientes preguntas: ¿en qué consiste la perspectiva de la TSC? ¿Cómo se justifica a nivel epistemológico? y ¿cómo hacer uso de ella, para abordar el problema del cambio tecnológico y su relación con *lo social* en el contexto de los países de América Latina? El presente trabajo de investigación tiene el propósito de contribuir con algunas reflexiones sobre el tema, a partir de estas cuestiones. Cabe mencionar que la segunda pregunta es de suma importancia porque obliga a explorar sobre los alcances y límites explicativos de la perspectiva de la TSC. Así, en el capítulo siguiente se abordarán la primera y segunda preguntas, mientras que la última será abordada en el capítulo tres.

## **CAPÍTULO 2. LA PERSPECTIVA DE LA TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS: ALCANCES Y LÍMITES EPISTÉMICOS**

### **2.1. Perspectiva disciplinaria y perspectiva de la complejidad**

La palabra 'interdisciplina' alude *prima facie*, por la etimología del término, a un conjunto de disciplinas relacionadas entre sí de alguna manera. Sin embargo, para comprender – más allá de lo que ofrece esta noción – en qué consiste la perspectiva interdisciplinaria, se requiere realizar antes algunas observaciones acerca de lo que podemos llamar la 'perspectiva disciplinaria', ya que ésta es la base de aquélla en el sentido en que se mostrará en este apartado.

En primer lugar, cabe señalar que si consideramos a la cultura de la Grecia antigua como la “cultura madre” del mundo occidental, se observa que su conocimiento acerca de las cosas o del Ser era integrado, es decir, era un tipo de conocimiento que trataba de abarcar todos los aspectos posibles de éste a través de un método. De esta manera, la palabra 'filosofía' significa, etimológicamente hablando, *amor a la sabiduría*, pero para Platón no se trataba de cualquier tipo de saber, sino sólo de aquél que se alcanza a través de un camino que sigue la razón, es decir, la *episteme*. El 'saber' entendido como descubrimiento de la verdad requería, de acuerdo con el filósofo ateniense, de otros saberes como la geometría. Sin embargo, quizás no sea la obra de Platón sino la de Aristóteles un mejor ejemplo de que la filosofía era entendida como un tipo de saber integral acerca del Ser. En la extensa obra de Aristóteles la filosofía se presenta dividida en tres grandes áreas: la lógica, la física y la ética.

La lógica era, para el pensador estagirita, la parte de la filosofía que estudia los medios para adquirir el conocimiento, es decir, los métodos que usa el hombre para conocer el Ser de las cosas. La física era considerada como el conjunto de saberes acerca de todas las cosas, fuesen lo que fuesen. Y en tercer lugar estaba la ética, entendida como la parte de la filosofía que concentra todos los conocimientos acerca de lo que el hombre es y hace,

esto es, lo que no forma parte de la *physis*. A su vez, una subparte de la ética era la política, la cual, concentraba los conocimientos acerca del hombre como *animal político*. De esta manera, la 'filosofía' consistía en un conocimiento integrado del Ser, tanto de la *physis* como de *lo social*.

Posteriormente, durante la Edad Media se conservó el sentido griego de la palabra 'filosofía', aunque compartió su lugar con otro conjunto de saberes acerca de Dios: la teología. Lo importante es señalar que esta noción de la 'filosofía' se conservó, podría decirse que de manera íntegra, hasta el siglo XVII.<sup>1</sup>

Cabe mencionar que durante los siglos XV y XVI ocurrieron una serie de acontecimientos históricos de suma importancia, entre los que se podría citar, por ejemplo, el descubrimiento de América y la Reforma Religiosa encabezada por Martín Lutero, entre otros, que influyeron en el trastocamiento del orden social establecido, así como en la cosmovisión predominante del hombre europeo en ese momento.

La filosofía, obviamente, no fue ajena a estos cambios. Así, durante el siglo XVII la filosofía cambió de sentido: dejó de ocuparse del problema del Ser y orientó su búsqueda por el conocer, es decir, por esclarecer la ruta que recorrerá el conocimiento para alcanzar la verdad. Hay que remarcar que este problema caracteriza a la filosofía moderna.<sup>2</sup>

En este sentido, la obra de René Descartes resulta paradigmática ya que al abordar el problema del método, sentó las bases epistémicas de la ciencia moderna, la cual, se fue desligando de la filosofía a partir del siglo XVIII. En su obra *El discurso del método* publicada en 1637, Descartes señala cuáles son las fases de su método en la búsqueda de conocimientos con certeza acerca del mundo: evidencia, análisis, síntesis y prueba. En particular, respecto de la segunda etapa menciona que consiste en:

---

<sup>1</sup> Vid., GARCÍA M. Manuel. *Lecciones preliminares de filosofía*. México, 2005. Editorial Porrúa.

<sup>2</sup> Vid., CASSIRER, Ernst. *El problema del conocimiento*. Volumen 1. México, 1992. Editorial Fondo de Cultura Económica.

“(…) dividir cada una de las dificultades que examinare en cuantas partes fuese posible y en cuantas requiriese su mejor solución.”<sup>3</sup>

De esta forma, al mismo tiempo en que ocurrían los cambios socioeconómicos, la filosofía comenzó a desgajarse y salieron de su seno las ciencias particulares. Se puede afirmar que fueron la física y la matemática las primeras disciplinas que se desligaron de la filosofía al delimitar su propio objeto de estudio, así como su método para abordarlo. Como resultado de este proceso analítico apareció la ciencia moderna, caracterizada por un conjunto de disciplinas autónomas entre sí, donde cada una de ellas se encarga de estudiar, bajo su propio método, una parte del Ser tanto natural como social. Se trata entonces, de un tipo de conocimiento especializado con capacidad de predicción y manipulación de los fenómenos. Ante la expansión de la ciencia, la filosofía se abocó al estudio de los aspectos más generales del Ser y a contribuir al esclarecimiento conceptual del discurso científico.

En el área de las ciencias sociales, fue hasta fines del siglo XIX en que algunas disciplinas lograron independizarse de la filosofía. Por ejemplo, la economía definió su objeto de estudio (comportamiento de oferentes y demandantes) y su método (hipotético deductivo) durante la segunda mitad del siglo XIX, frente al historicismo alemán, vertiente “cargada” de interpretación filosófica. La sociología, por su parte, siguió el camino de la economía a través de las obras de Max Weber y Émile Durkheim.

Hay que señalar que los progresos de la ciencia a través de la perspectiva disciplinaria han sido extraordinarios. Por ejemplo, los descubrimientos de la física en diferentes niveles de la materia han sido sorprendentes, desde el descubrimiento de planetas insospechados hasta los elementos más pequeños de la materia que han influido en nuestras nociones de 'tiempo' y 'espacio' y, en general, en nuestra perspectiva de la realidad. En la

---

<sup>3</sup> DESCARTES, René. *Discurso del método*. Madrid, 2006. Editorial Austral, p. 53.

economía, la comprensión de las leyes que gobiernan la conducta de consumidores y empresas, así como las leyes que regulan al comercio internacional han permitido la aplicación de programas y políticas económicas a nivel local, nacional e internacional. En la biología, el estudio detallado de cada una de las partes que componen la célula, permitieron el descubrimiento del Ácido Desoxiribunocleico y, aún más, el estudio de éste facilitó a su vez, el estudio del genoma humano y diversas aplicaciones a través de la biogenética, etc. Así se podría seguir ejemplificando con cada una de las disciplinas científicas.

Ahora bien, con base en lo dicho hasta aquí, se puede afirmar que la 'perspectiva disciplinaria' consiste en el estudio por separado de cada una de las partes que componen la 'realidad'. Estas disciplinas delimitan la parte que les interesa estudiar (objeto de estudio), así como sus criterios y métodos de investigación. Esta perspectiva concibe a la 'realidad' como una totalidad descomponible en sus partes, por lo cual, se puede conocer a partir del estudio por separado y en forma aislada de estas partes. A esta manera de proceder en el conocimiento del objeto de estudio, se le llama 'atomismo metodológico'.

No obstante, la perspectiva disciplinaria muestra sus límites cuando se intenta explicar y ofrecer posibles soluciones a problemáticas, por ejemplo, la crisis hambruna y desnutrición en poblaciones específicas. El meteorólogo dirá que se debe a las frecuentes sequías; el demógrafo lo explicará en función de la explosión demográfica y el economista seguramente dirá que se debe a la baja productividad de los campesinos, posiblemente por no saber escoger adecuadamente el tipo de técnica que usan, etc.<sup>4</sup> El tipo de explicación que ofrecen los especialistas, generalmente pone énfasis a causas contempladas en el marco de una sola disciplina. Obviamente, una política social dirigida a combatir tales problemas apoyándose en estas explicaciones, estará condenada a fracasar.

---

<sup>4</sup> Vid., DUVAL, Guy. "Teoría de sistemas. Una perspectiva constructivista". En RAMÍREZ, Santiago (coordinador). *Perspectivas en las teorías de sistemas*. México, 1999. Editorial Siglo XXI.

Por ello, a principios del siglo XX y ante las limitaciones que presenta la perspectiva disciplinaria, ocurrieron varios intentos metodológicos bajo el propósito de cubrir tales limitaciones. Un ejemplo fue el de la Gestalt, que en psicología fue una de las corrientes que pugnaron por no “perderse” en las partes y por profundizar en la conciencia del “todo”. Después, durante los años treinta se llevó a cabo un movimiento para acercar a las diversas disciplinas y demoler las fronteras entre ellas. Fue allí, donde el sociólogo Louis Wirtz acuñó el término 'interdisciplina' en 1937.<sup>5</sup> Lo importante de estos movimientos es puntualizar que, a partir de ellos, comenzó a cambiar la forma de concebir a la 'realidad' como objeto de estudio. De esta forma, la noción aristotélica de que *la suma de las partes no es igual al todo*, comenzó a tener mayor relevancia metodológica para los científicos.

Posteriormente, a mediados del siglo XX, se dieron a conocer los avances de la Teoría General de Sistemas (TGS) en diversas áreas de la ciencia (biología, química, física y sociología, principalmente) que plantearon problemas de investigación en los que participaban científicos especialistas pertenecientes a diversas disciplinas. Por ejemplo, con base en las interacciones entre físicos, químicos y biólogos se llegó a la conclusión de que los seres vivos funcionan como *sistemas abiertos*. De manera general, se entenderá por 'sistema abierto' aquel sistema que se mantiene como tal a partir de los intercambios de materia y energía con el medio circundante. Así,

“El organismo no es un sistema estático cerrado al exterior y que siempre contenga componentes idénticos: *es un sistema abierto en estado (cuasi) uniforme*, mantenido constante en sus relaciones de masas en un intercambio continuo de material componente y energías: entra continuamente material del medio circundante, y sale hacia él.”<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Vid., GONZÁLEZ, C. Pablo. Op., cit.

<sup>6</sup> BERTALANFFY, Karl Von. *Teoría General de los Sistemas*. México, 2003. Editorial Fondo de Cultura Económica, p.125.

Este resultado será de suma importancia metodológica, como se mostrará más adelante. En cuanto a las disciplinas que se abocan al estudio de una parte de la realidad social o humana, se propuso, en el contexto de la TGS, ser abordada por la 'ciencia social', entendida ésta en un sentido amplio:

“Con fines de discusión, entendamos 'ciencia social' en sentido amplio, incluyendo sociología, economía, ciencia política, psicología social, antropología cultural, lingüística, buena parte de la historia y las humanidades, etc. Entendamos 'ciencia' como empresa nomotécnica, es decir, no como descripción de singularidades sino como ordenación de hechos y elaboración de generalidades (...) puede afirmarse con gran confianza que *la ciencia social es la ciencia de los sistemas sociales*.”<sup>7</sup>

Por otro lado, en forma casi simultánea comenzó a desarrollarse la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD), aunque sus primeros avances ocurrieron a fines del siglo XIX y principios del XX, a través de la incorporación de la computadora en la investigación físico-matemática. Cabe mencionar que los descubrimientos del meteorólogo norteamericano Edward Lorenz, abrieron una nueva línea de investigación conocida como Teoría del Caos (TC). Lo relevante de esta teoría es que se enfoca en el estudio de modelos matemáticos que representan la dinámica de sistemas no lineales, a través de los cuales se pueden inferir propiedades cualitativas generales de éstos.

La convergencia de estas líneas de investigación dio origen, a fines de los años setenta del siglo XX, a una nueva perspectiva científica conocida como Teoría de Sistemas Complejos (TSC). Se puede caracterizar a ésta como sigue:

- i) concibe a su objeto de estudio como un 'sistema complejo'; y
- ii) se apoya en la investigación interdisciplinaria.

Se mencionó arriba que la perspectiva disciplinaria se apoya en la creencia

---

<sup>7</sup> *Ibíd.*, p. 204. El subrayado es mío.

de que el objeto de estudio se puede descomponer en las partes que lo componen y, a partir del estudio por separado y en forma aislada, es posible conocer a dicho objeto. Por su parte, la TSC parte de la creencia de que:

“(…) en el 'mundo real', las situaciones y los procesos no se presentan de manera que puedan ser clasificados por su correspondencia con alguna disciplina en particular, en este sentido, podemos hablar de una *realidad compleja*.”<sup>8</sup>

Nótese que el término 'complejo' no aparece, en el contexto de esta teoría, como sinónimo de 'complicado' sino que se refiere al hecho de que los elementos que componen a un objeto de estudio, visto como un sistema, no pueden ser estudiados en forma aislada ya que son *interdefinibles*<sup>9</sup>, esto es, que solo se pueden definir a partir de las relaciones que establecen con los demás elementos. De esta manera,

“Un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son 'separables' y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente.”<sup>10</sup>

Sin embargo, hay que señalar que esta perspectiva no “echa por la borda” a los conocimientos especializados generados por las diversas disciplinas sino que, por lo contrario, requiere partir de ellos para conocer al objeto en forma aproximada a su “comportamiento real”. La investigación interdisciplinaria es la metodología que requiere el estudio de los sistemas complejos, en ella, los investigadores son coordinados para establecer “puentes” y explicar su objeto de estudio en función del conocimiento de las otras partes que componen el 'recorte epistémico' de la realidad a estudiar.

---

<sup>8</sup> GARCÍA, Rolando. *Sistemas Complejos*. Barcelona, 2006. Editorial Gedisa, p.21.

<sup>9</sup> *Ibíd.*

<sup>10</sup> *Ibíd.*

Una vez presentada *grosso modo* lo que se ha llamado la ‘perspectiva de la complejidad’, se ofrecerá, en el siguiente apartado, una justificación a nivel epistemológico de ésta.

## **2.2. Complejidad e interdisciplina: una justificación epistemológica**

En el apartado anterior se caracterizaron y distinguieron las perspectivas disciplinaria y compleja correspondientes a la investigación científica. Enseguida, se plantea el problema de ofrecer una justificación epistemológica de la TSC centrándose, básicamente, en las nociones de ‘complejidad’ e ‘interdisciplina’ con apoyo del modelo epistemológico propuesto por Jean Piaget y Rolando García (Piaget-García)<sup>11</sup>, debido a que es, como se mostrará, el modelo epistemológico más avanzado al respecto.

Ahora bien, para comprender la “naturaleza” y alcances de la propuesta epistemológica de Piaget-García, es preciso ubicarla en el contexto de la historia de la Teoría del Conocimiento y la Filosofía de la Ciencia, lo cual, requiere de una investigación aparte. Empero, se puede partir de las siguientes consideraciones:

i) *el problema del conocimiento ha sido abordado, “tradicionalmente”, por filósofos.* En efecto, el problema del conocer fue planteado, aunque de manera implícita, por los filósofos de la antigua Grecia. Por ejemplo, Platón en su diálogo *Teeteto o de la Ciencia*<sup>12</sup> reflexionó acerca del concepto de ‘conocer’, así como sobre las condiciones que lo hacen posible. Si bien es cierto que el filósofo ateniense no ofrece, al final del diálogo, una definición sobre lo que es el conocimiento (debido a que se trata de un diálogo aporético), si logra hacer evidente que dicho problema es difícil de abordar. Más aún, durante el siglo XVII la filosofía observó, como se mencionó en el apartado anterior, un cambio importante de sentido: el problema de explicarse el mundo, es decir, de

---

<sup>11</sup> Vid., GARCÍA, Rolando. *El conocimiento en construcción*. Barcelona, 2000. Editorial Gedisa.

<sup>12</sup> Vid., PLATÓN. “Teeteto o de la Ciencia”. En *Diálogos* de Platón. México, 1990. Editorial Porrúa.

ofrecer una teoría general acerca del Ser, pasó a segundo plano frente a la cuestión acerca del proceso del conocimiento mismo. Aparecieron así, tratados (elaborados por filósofos) acerca del conocimiento en general. La *Crítica de la Razón Pura*, escrita por Emanuel Kant en el siglo XVIII es, quizás, el ejemplo más claro en este sentido. En ella se establecen, en general, las fronteras entre *ciencia* y *metafísica* a partir del problema sobre los *alcances* y *límites* de la razón.<sup>13</sup> Con base en esto, se puede afirmar que la Teoría del Conocimiento representa una rama de la filosofía, donde el proceso que implica el conocimiento es abordado como una *problemática general* del hombre.

ii) '*Epistemología*' no es sinónimo de '*teoría del conocimiento*'. La diferencia de significado entre los términos '*epistemología*' y '*teoría del conocimiento*' obedece a motivos de fundamento teórico. Durante la segunda mitad del siglo XIX las extensiones de la matemática y la física, así como el surgimiento de nuevas disciplinas científicas como la economía y la sociología, entre otras, plantearon una serie de problemas de carácter metodológico orientados al rechazo de todo elemento de tipo metafísico. Al respecto sobresalen, por ejemplo, las reflexiones de Ernst Mach, Pierre Duhem y Henri Poincaré sobre los principios generales de la ciencia, y los trabajos de Peano y Gottlob Frege acerca de los fundamentos de la matemática. Las críticas de Mach sobre la filosofía natural de Newton, fueron relevantes en este sentido: esperaba mostrar, a través de una reformulación de la teoría, que la mecánica puede ser despojada de especulaciones metafísicas al referirse al movimiento de los cuerpos en el espacio y tiempo absolutos. Cabe señalar, que la posición antimetafísica de Mach sirvió de antecedente a la conformación de grupos, principalmente compuestos por científicos, que se dieron a la tarea de “depurar” a todas las disciplinas científicas de los elementos de carácter metafísico, al mismo tiempo en que serían esclarecidos y sistematizados sus principios.

---

<sup>13</sup> Vid., KANT, Emanuel. *Crítica de la Razón pura*. México, 1986. Editorial Porrúa.

En las ciencias sociales sobresale el positivismo propuesto por el filósofo francés Auguste Comte (1798-1857). En general, la filosofía positivista no solo comprendía una doctrina acerca de la ciencia, en el sentido de que lo positivo se refiere a lo que es efectivo o verdadero, sino también porque representa una doctrina sobre la sociedad y sobre las normas necesarias para reformar a la sociedad, conduciéndola a lo que Comte llamó la “etapa positiva”, donde predominaría el pensamiento científico. Procedente, en su parte afirmativa, del saint-simonismo y, en su parte negativa de la aversión al espiritualismo metafísico, el positivismo de Comte constituye una doctrina orgánica, no solo en el aspecto teórico sino también en el práctico. El propósito de Comte no es establecer una nueva filosofía o darle nuevas bases a las ciencias sino proceder a una reforma de la sociedad. Sin embargo, la reforma de la sociedad implica la reforma del saber y del método, pues de acuerdo con Comte, lo que caracteriza a una sociedad es la altura de su espíritu, es decir, su desarrollo intelectual. Por ello, el sistema comteano comprende tres factores básicos: a) una filosofía de la historia que debe mostrar por qué la filosofía positiva debe imperar en el futuro; b) la fundamentación y clasificación de las ciencias apoyadas en la filosofía positiva; y c) una sociología que, al determinar la estructura esencial de la misma, permita pasar a la reforma práctica y, finalmente, a la “reforma religiosa” entendida como la religión de la humanidad. Así, el significado de ‘lo positivo’ resalta inmediatamente de la filosofía de la historia de Comte, la cual, se expresa en la ley de los tres estadios: a’) el teológico, donde el hombre explica la realidad con base en la existencia de seres sobrenaturales; b’) el metafísico, donde la noción de ‘causa’ se convierte en un principio racional; y c’) el positivo, donde el hombre sustituye las hipótesis y las hipóstasis metafísicas por investigaciones de los fenómenos limitados a la enunciación de sus relaciones. Aquí, el poder espiritual pasa a manos de los sabios y el poder temporal a manos de los industriales. La noción positivista de la ciencia considera que ésta renuncia a todo lo trascendente y se reduce a la averiguación y comprobación de las leyes dadas en la experiencia, no solo presentes en los fenómenos físicos sino también en los sociales, morales y

espirituales. Como se observa, lo positivo representa un estado total que requiere un orden y jerarquía.

Posteriormente, las investigaciones llevadas a cabo, en la primera mitad del siglo XX, por los *Círculos de Viena* y de *Berlín* pusieron énfasis en la intención positivista de eliminar todo elemento de metafísica presente en las teorías científicas. En particular, el *Círculo de Viena* fijó su atención, por ejemplo, en la tesis de que *toda proposición usada en la actividad científica, tiene sentido si y solo si responde a criterios claros de verificación* (principio de verificación). Se buscaba esclarecer los criterios metodológicos empleados por los científicos en su actividad cotidiana. Así, al iniciar la segunda mitad del siglo XX, podían identificarse claramente dos grupos en el mundo académico de la filosofía: por un lado, los que impartían *Teoría del Conocimiento* desde una perspectiva general acerca de los problemas relacionados con el conocimiento y alejados de los problemas concretos de fundamentación de las ciencias y, por otro lado, los que impartían cursos de *Filosofía de la Ciencia* centrados en problemas particulares de alguna disciplina científica, pero alejados de las problemáticas del conocimiento en general.<sup>14</sup> Fue en este contexto donde se acuñó el término 'epistemología' entendido como teoría del conocimiento científico, esto es, como el estudio crítico de las ciencias dirigido a determinar su valor, su fundamento lógico y su campo de acción.<sup>15</sup> En cambio, el término 'teoría del conocimiento' alude a una perspectiva general del conocimiento sin abocarse, solamente, al estudio del conocimiento científico. Por último, cabe agregar que lo relevante de este proceso radica en el hecho de que los filósofos comenzaron a ser desplazados por los científicos en el estudio de problemáticas que, "tradicionalmente", solo ellos habían abordado.

iii) *La epistemología genética de Piaget-García no es apriorista, pero*

---

<sup>14</sup> Vid., GARCÍA, Rolando. Op., Cit.

<sup>15</sup> *Ibídem.*

*tampoco empirista*. El significado del término 'epistemología' ya explicado, fue adoptado por Piaget para referirse a su *epistemología genética*. Por ello, coincide con el empirismo lógico del Círculo de Viena, en cuanto a la idea de que los problemas planteados por el proceso del conocimiento tienen que ser abordados científicamente. En este sentido, la 'epistemología genética' entendida como el estudio del tránsito de los estados de menor conocimiento a los estados de conocimiento más aventajado o profundo y del establecimiento de los hechos normativos correspondientes a cada estado<sup>16</sup>, es una teoría general del conocimiento pero no es apriorista en el sentido de la reflexión filosófica "tradicional", ya que parte de premisas empíricamente sustentadas. Sin embargo, difiere precisamente en este punto con el empirismo y, en particular, con el empirismo lógico, ya que éste parte, por paradójico que parezca, de premisas establecidas a priori como la que señala que *el juez de todo conocimiento son los datos de los sentidos*, para explicar el proceso del conocimiento científico. De esta forma, la justificación de los resultados de la matemática y la lógica fue resuelta, por los empiristas lógicos, a través del concepto de *analiticidad*. Sin embargo, dicho concepto no logró justificar el conocimiento producido por las ciencias empíricas. Para ello, se propuso el principio de verificación ya mencionado, que se apoya en la premisa empirista establecida a priori. El desarrollo histórico de las ciencias ha mostrado el equívoco de las tesis empiristas. La propuesta epistemológica de Piaget-García considera tales fracasos y, por ello, no acepta las premisas del empirismo lógico, pero tampoco acepta el apriorismo que sostenía a la teoría del conocimiento tradicional. Por último, hay que dejar claro que el término 'genético' usado por Piaget, no alude al significado biológico del término, ya sea como adjetivo o sustantivo, sino que retoma su sentido etimológico, es decir, como *origen y desarrollo del conocimiento*, a nivel individual y colectivo (ciencia).

---

<sup>16</sup> Vid., SERRANO, Jorge A. *Filosofía de la Ciencia*. México, 1990. Editorial Trillas.

### **2.2.1. El modelo epistemológico de Piaget-García: una presentación esquemática**

Una vez señalado el contexto teórico en el que emergió el modelo epistemológico constructivista de Piaget-García, se expondrán *grosso modo* sus premisas y tesis centrales bajo el propósito de vislumbrar sus alcances y límites explicativos sobre el problema del conocimiento.

En el apartado anterior, se mencionó en qué sentido la propuesta epistemológica de Piaget-García rechaza las premisas de cualquier modalidad de empirismo y, en particular, la del empirismo lógico, así como las propuestas de carácter apriorista, lo cual, obliga a plantear el problema del conocimiento ya no desde una perspectiva filosófica sino científica. Ahora bien, la consistencia con este rechazo obliga a plantear que las nociones que nos permiten comprender y hablar acerca de la actividad cognoscitiva como las de 'experiencia', 'sensación', 'percepción', tienen que ser establecidas a partir de investigaciones empíricas y no por definiciones a priori o apoyadas en el sentido común. Para cumplir tal objetivo, Piaget se propuso indagar sobre la existencia de niveles primarios en el desarrollo de la actividad cognoscitiva de los individuos. Así, el estudio de la conducta y los procesos psicológicos involucrados, le llevaron a desarrollar sus investigaciones sobre psicología genética, primer nivel de su modelo epistemológico. Hay que señalar que, aunque Piaget adquirió mayor prestigio en el mundo académico como psicólogo y no como epistemólogo, sus investigaciones sobre la psicología de los niños tienen el propósito de esclarecer en qué consisten tales estructuras cognoscitivas primarias y observar su evolución hasta niveles superiores del conocimiento los que, a su vez, constituyen el dominio de investigación del segundo nivel de análisis epistemológico: la epistemología genética.

Al llegar a este punto se puede formular la siguiente pregunta: ¿cómo ocurre la actividad cognoscitiva a nivel individual? Para responder a esta pregunta el modelo de Piaget-García parte de las siguientes premisas:

i) *el conocimiento es un producto que resulta de las interacciones entre sujeto y objeto*. Esta premisa retoma la concepción kantiana del 'conocimiento' en el sentido de que el sujeto participa activamente en su construcción, en tanto que no puede conocer a las cosas en sí mismas, sino solo a través de las representaciones conceptuales que él construye de ellas:

“Desde Kant, no se pudo ignorar la activa participación del sujeto en la construcción del conocimiento. Por eso su valor es permanente y constituye también una base fundamental de la epistemología constructivista.”<sup>17</sup>

Sin embargo, hay que matizar esta afirmación en el siguiente sentido: si bien es cierto que el modelo de Piaget-García se inspira en la concepción kantiana del 'conocimiento', también es cierto que rechaza la explicación que ofrece Kant acerca de cómo ocurren dichas interacciones entre sujeto y objeto, al intentar establecer un “puente” entre el *racionalismo* y el *empirismo*, a través de su noción de 'intuición'. Como se ha señalado reiteradamente, el modelo de Piaget-García no acepta las premisas en que se apoyan estas vertientes filosóficas.

ii) *En la explicación del proceso del conocimiento, el sujeto es concebido como un 'sistema abierto'*. Esta premisa es central para explicar cómo se desarrolla la construcción del conocimiento, tanto a nivel individual como social. Además, se trata de una afirmación que, desde el punto de vista empírico, ha sido confirmada por las investigaciones llevadas a cabo conjuntamente por físicos, químicos y biólogos en el ámbito de la TGS, como se explicó en el apartado 2.1. Además, las propias investigaciones empíricas de Piaget también lo constataron. De esta manera, bajo el contexto epistemológico en cuestión, el sujeto es un *sistema abierto* en el sentido de que construye el conocimiento con base en las interacciones que

---

<sup>17</sup> *Ibíd.*, p.17.

sostiene con su medio circundante. Los 'sistemas abiertos' se caracterizan por presentar modificaciones en su estructura a través del tiempo, por ejemplo, desequilibrios y reorganizaciones. Son, en términos de la termodinámica, sistemas dinámicos no lineales que se mantienen alejados del equilibrio termodinámico (estado de máxima entropía). En este tipo de sistemas, se considera que el medio circundante establece condiciones, a partir de las interacciones con los elementos del sistema, que regulan el tipo de dinámica o evolución del sistema. Esto significa que, desde un punto de vista epistemológico, si el sujeto es considerado como un sistema abierto implica que el 'conocimiento' no puede concebirse como algo estático sino, por lo contrario, como un proceso dinámico que puede presentar desequilibrios y reorganizaciones en su desarrollo. En otros términos, implica concebir al 'conocimiento', a nivel individual, como un proceso dinámico no lineal. También implica analizar este desarrollo considerando, como una condición necesaria, el estudio de las condiciones de contorno, es decir, dadas por el contexto social en el que se encuentra inmerso el individuo, ya que éstas condicionan la forma en que evoluciona el conocimiento visto como un proceso.

Ahora bien, a estas dos premisas hay que agregar dos principios:

iii) *principio de continuidad funcional de los procesos constructivos*. Este principio sostiene que no hay discontinuidad funcional en los procesos cognoscitivos, ya sea del niño al adulto y de éste al conocimiento científico. Dos motivos lo sostienen, uno de carácter teórico y otro de carácter empírico:

A) *motivo de carácter teórico*: las posiciones empirista y apriorista pretenden explicar como es posible el conocimiento a partir del establecimiento de un punto de partida (razón, sentidos, intuición o los tres al mismo tiempo). No obstante, si se renuncia a estas posiciones implica, también, renunciar a la búsqueda de un punto de partida. Es decir, no hay forma de establecer, en forma precisa y absoluta, en que momento comienza la actividad cognoscitiva en el sujeto. Pero aceptar esto implica

suponer, también, que no hay saltos en el proceso del conocimiento, esto es, se trata de un proceso continuo. Véase esto con más cuidado. Supóngase que se acepta la idea de que entre el conocimiento común y el científico hay discontinuidad, esto es, que corresponden a tipos de conocimientos distintos e independientes. Si esto es así, entonces tenemos que aceptar que hay un salto. A su vez, esto nos conduce a la pregunta: ¿dónde surge el conocimiento científico? Esto nos llevaría nuevamente al debate sobre el punto de partida y a considerar las posiciones de empiristas y aprioristas. Esto significa que, bajo el marco conceptual de la epistemología de Piaget-García, la interrogante acerca del punto de partida del conocimiento, no tiene la relevancia que podría tener en otros marcos conceptuales.

B) *Motivo de carácter empírico*: en correspondencia con el motivo anterior, las investigaciones llevadas a cabo en neurofisiología y en la propia psicología genética, han mostrado que la ruta que va desde los procesos puramente biológicos hasta las actividades que puedan clasificarse como cognoscitivas, es continua<sup>18</sup>.

Ahora bien, la aceptación de este principio tiene importantes implicaciones de carácter epistemológico, a saber:

a) la primera implicación se refiere a la generalidad de los mecanismos constructivos. Aceptar el principio de continuidad funcional implica aceptar que no hay un punto de partida en sentido epistemológico, desde donde pudiera comenzar la construcción de los mecanismos constructivos del conocimiento, lo cual, obliga a establecer que éstos comienzan a gestarse en los *mecanismos biológicos* que articulan los movimientos del recién nacido.

Recuérdese que, bajo este modelo epistemológico, el sujeto es considerado como se considera a un ser vivo en bioquímica, es decir, como un sistema abierto, donde las primeras estructuras cognoscitivas emergen de las interacciones entre sujeto y objeto o, en otros términos, de las

---

<sup>18</sup> Ibídem.

interacciones dadas entre el recién nacido y su medio, las cuales, no ocurren en forma arbitraria sino reguladas por los mecanismos biológicos. Esto significa que si no hay un punto de partida de los mecanismos constructivos del conocimiento, entonces no hay desarrollo o cambio de éstos, en otras palabras, los mecanismos constructivos del conocimiento tienen que ser comunes a todas las fases del proceso cognoscitivo.

b) Por otra parte, si no es posible discutir un punto de partida que sirva de base para establecer lo que es el conocimiento, entonces tampoco es posible ofrecer una caracterización general e intrínseca del conocimiento. Es decir, que la pregunta general de la forma '¿qué es el conocimiento?' no tiene relevancia dentro del marco conceptual de la epistemología de Piaget-García, ya que el 'conocimiento' es concebido como un proceso que toma sentido solo en un contexto social, cuyos 'grados' y 'niveles' también adquieren significado bajo dicho contexto.

A nivel social el 'conocimiento' es considerado también como un proceso que se construye en forma semejante al conocimiento individual, esto es, que responde a los mismos mecanismos de construcción, lo que implica, a su vez, que la pregunta general '¿qué es la ciencia?' tampoco tiene, por sí misma, la relevancia que pudiera tener en el marco de otras teorías del conocimiento, ya que la 'ciencia' es vista como una institución social, cuya significación se pone de manifiesto solo a partir de las circunstancias históricas que condujeron a establecer lo que cada sociedad consideró como la ciencia de su época.<sup>19</sup> Aquí, las preguntas sobre el conocimiento difieren claramente del sentido platonista en que la filosofía las había formulado.

Ahora bien, con base en el inciso a) se puede formular el siguiente principio:

- iv) *principio de generalidad de los mecanismos constructivos.* Este principio establece que los mecanismos de adquisición del conocimiento deben de ser comunes a todas las etapas del

---

<sup>19</sup> Ibídem.

desarrollo, no solo desde la niñez hasta la persona adulta, sino también hasta los niveles más elevados del conocimiento humano, como la ciencia. De esta manera, si los mecanismos de adquisición del conocimiento son comunes a todas las fases de desarrollo del proceso cognoscitivo, entonces se puede afirmar que procesos y mecanismos cognoscitivos se hallan ligados en todo momento. Esto, a su vez, permite formular el siguiente principio:

v) *principio general de inseparabilidad de procesos y mecanismos cognoscitivos*. Los procesos constructivos son inseparables de los mecanismos con los cuales se desarrollan. Por ejemplo, en *Psicogénesis e historia de la ciencia*, Piaget y García distinguen dos mecanismos generales:

1. el pasaje del intra-al inter-, y de allí al trans; y
2. el mecanismo general de la equilibración.

En cuanto al primero, señalan que:

“(...) ha resultado ser el más general de los aspectos comunes a la psicogénesis y a la historia de las ciencias.”<sup>20</sup>

Es decir, que dicho mecanismo está ligado con diferentes niveles del proceso cognoscitivo. Ahora bien, una vez presentadas las premisas en las que se apoya el modelo epistemológico de Piaget-García, es posible ofrecer una respuesta, al menos general, a las preguntas formuladas en el apartado anterior: ¿cómo ocurre la actividad cognoscitiva a nivel individual? Y ¿cómo se explica el desarrollo de la ciencia? El segundo mecanismo será abordado en el siguiente apartado.

### **2.2.2. Del aprendizaje del niño al conocimiento científico**

---

<sup>20</sup> PIAGET J y GARCÍA R., *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México, 2004. Editorial Siglo XXI, p.251.

A nivel individual, con base en los resultados de la psicología genética, se puede ofrecer *grosso modo* la siguiente respuesta: al nacer, el niño (considerado bajo esta teoría epistemológica como un sistema abierto) entra en contacto con su entorno a través de sus movimientos corporales, los cuales, están regulados por mecanismos biológicos. Éstos, se manifiestan a través de reflejos y capacidades innatas, es decir, capacidades heredadas que entran en juego cuando el niño tiene sus primeros contactos con el mundo exterior. Estas interacciones básicas con el medio, aunadas a procesos psicológicos que operan en la mente del niño, sientan las bases para que se gesten una estructura cognoscitiva primitiva, en la cual, el niño *asimila* objetos de su entorno, sin haber adquirido aún el lenguaje.

Se puede afirmar que en esta primera fase, el niño logra desarrollar una inteligencia práctica antes que una inteligencia reflexiva. Al respecto, señala Piaget que:

“(…) con anterioridad al lenguaje, y en consecuencia a todo pensamiento conceptual y reflexivo, se desarrolla en el bebé una inteligencia sensomotora o práctica que lleva muy lejos la conquista de las cosas, hasta el punto de que construye por sí misma lo esencial del espacio y del objeto, de la causalidad y el tiempo; abreviando: organiza ya en el plano de la acción todo un universo sólido y coherente.”<sup>21</sup>

En este punto, hay que señalar que el modelo de Piaget-García difiere claramente del empirismo lógico principalmente en dos aspectos:

1. en cuanto al papel que juega el lenguaje en el proceso cognoscitivo;
- y
2. en cuanto a la teoría del significado.

Respecto al primer aspecto, el empirismo lógico parte de la premisa de que para abordar los problemas relacionados con el conocimiento

---

<sup>21</sup> PIAGET, Jean. *Psicología y Pedagogía*. España, 1983. Editorial SARPE., p. 204.

científico, es necesario partir de un análisis lógico del lenguaje. El problema sobre el fundamento de las teorías científicas, por ejemplo, tiene que abordarse con base en dichos análisis del lenguaje. No obstante, aunque los empiristas lógicos hicieron al respecto su mayor aportación a la filosofía de la ciencia, desde un punto de vista epistemológico más amplio (como la perspectiva que permite la teoría de Piaget-García) muestra un alcance explicativo limitado, ya que no contempla la pregunta sobre lo que permite, a su vez, el aprendizaje del lenguaje en el niño.

En cuanto al segundo aspecto, el empirismo lógico se apoya en una teoría que sostiene, *grosso modo*, que el significado de un término está dado por el objeto al cual denota. Bajo esta perspectiva, el 'lenguaje' es concebido como la plataforma del significado y, por consiguiente, como la base del conocimiento, particularmente del conocimiento científico. En cambio, bajo el modelo de Piaget-García, el significado no tiene como base la relación palabra – objeto, sino la relación esquemas de acción – objeto. Al respecto, señala Rolando García que:

“(...) la significación de un objeto está dada, en las etapas más primitivas de construcción del conocimiento, por 'lo que se puede hacer con él', y esto resulta de su asimilación a un *esquema de acción*.”<sup>22</sup>

Un *esquema de acción* se compone de un conjunto de movimientos coordinados hacia un objeto determinado. A su vez, la coordinación se logra después de un proceso repetitivo.

Así, en la estructura cognoscitiva primitiva el niño asimila objetos de su entorno a través de los esquemas de acción, los cuales, por otro lado, son estructuras organizantes en tanto que lo exterior adquiere significación, por ejemplo, el objeto asimilado por el bebé es algo 'agarrable', 'chupable', etc.

Ahora bien, una vez que se ha afianzado un esquema de acción, las

---

<sup>22</sup> GARCÍA, Rolando. Op. Cit., p. 99.

constataciones repetidas de las acciones sobre los objetos, permiten construir relaciones entre acciones. En el tránsito a estas relaciones se halla el germen de las relaciones causales que serán establecidas después del aprendizaje del lenguaje. Este aspecto tiene gran relevancia desde el punto de vista epistemológico, ya que muestra que las estructuras cognoscitivas del niño, el adulto común y hombre de ciencia, son fases de un mismo proceso.

Los esquemas de acción y el proceso de asimilación implican procesos de extensión y reorganización simultánea de los esquemas de acción:

“De aquí resulta que la actividad cognoscitiva del sujeto consiste, desde el comienzo, en la organización de sus acciones, es decir, en la 'construcción' de formas organizativas de sus propias acciones, que le permitan ir incorporando nuevos elementos del entorno, los cuales irán adquiriendo nuevas significaciones.”<sup>23</sup>

Los procesos de extensión y reorganización de los esquemas de acción, a su vez, se apoyan en dos elementos: la abstracción y la generalización. Estos elementos permiten que el tránsito de una fase a otra ocurra a través de un doble proceso: *diferenciación e integración*. Se diferencian objetos que aparecían como homogéneos en el nivel anterior, y se integran datos independientes de la estructura cognoscitiva.<sup>24</sup>

El desarrollo general de estos procesos muestra que responden al mismo mecanismo:

“El desarrollo cognoscitivo resulta así de la iteración de un mismo mecanismo, constantemente renovado y ampliado por la alternancia de agregados de nuevos contenidos y de elaboraciones de nuevas formas o

---

<sup>23</sup> *Ibíd.*, p.102.

<sup>24</sup> Nota: véase al respecto, la explicación detallada que ofrece Rolando García en *El conocimiento en construcción*, capítulo 4.

estructuras.”<sup>25</sup>

Este mecanismo funciona de igual manera, por el principio de continuidad funcional, en todos los niveles de organización o estructuras cognoscitivas, pero cada estructura se sucede de manera discontinua, esto es, separadas por procesos transitorios, en los cuales ocurren desequilibrios y reequilibrios entre los elementos que conforman la estructura cognoscitiva. Es decir, el tránsito de una estructura a otra implica que algunos elementos permanecen bajo las significaciones asignadas en el esquema de acción anterior y otros se modifican al reorganizarse el esquema de acción en otro nuevo.

Ahora bien ¿cómo explicar estos procesos transitorios de permanencia y cambio? Partiendo de los elementos involucrados en cada estructura cognoscitiva, es decir, de los mecanismos biológicos, los procesos psicológicos y los datos empíricos, así como de su interrelación, no es suficiente para dar cuenta de tales procesos. Se requiere agregar un elemento teórico más: *la teoría de la equilibración*. En este punto, Piaget se apoyó en los avances de la física y la matemática anteriores a la revolución científica ocurrida en la física, por las teorías de la relatividad y la mecánica cuántica. En particular, Piaget se apoyó en los avances de la teoría de sistemas dinámicos (TSD), mencionados al inicio del presente capítulo. La TSD había mostrado que los sistemas dinámicos no lineales, pueden tener soluciones en las que las posiciones de equilibrio del sistema se caracterizan por estar determinadas por la acción de fuerzas contrarias, lo que modificó la noción de 'equilibrio estático', es decir, aquel donde solo actúa una fuerza. Esto dio origen a la noción de 'equilibrios dinámicos'. En este sentido, Piaget se apoyó en esta noción para explicar cómo ocurría el tránsito de una estructura a otra, aunque parece que la usó bajo cierta ambigüedad. Sin embargo, García ha intentado esclarecer la noción de 'equilibración' como sigue:

---

<sup>25</sup> PIAGET, J., y GARCÍA, R., Op. Cit., p.10.

“Aplicaré el término 'equilibración' solo a los procesos que en cada nivel estructurado *mantiene un equilibrio dinámico* que es específico para cada uno de los mecanismos.”<sup>26</sup>

De esta manera, el desarrollo cognoscitivo general, es decir, el que va del recién nacido al adulto y de éste al hombre de ciencia, responde al mismo mecanismo, pero cada una de estas fases corresponde a estructuras cognoscitivas distintas, separadas por transitorios de permanencia y cambio, de tal forma que las estructuras superiores conservan elementos de las inferiores y cada nivel de organización se mantiene, de acuerdo con la teoría de la equilibración.

Como se mencionó arriba, esta dinámica explica lo que ocurre con el proceso cognoscitivo a nivel del individuo, sin embargo, ¿cuál es la dinámica a nivel de la actividad científica? Con base en el principio de continuidad funcional de los procesos constructivos, se puede afirmar que la dinámica de la actividad científica en su desarrollo, tiene que ser semejante a la dinámica que muestra el proceso cognoscitivo en el individuo ya que, funcionalmente, forman parte del mismo proceso. En otras palabras, esto significa que el desarrollo de la ciencia va acompañado de reestructuraciones y desequilibrios en su progreso. La constatación de esta conjetura requiere considerar lo siguiente:

1. bajo la perspectiva constructivista de Piaget-García, resulta fundamental (para analizar la dinámica que sigue la ciencia) apoyarse en la *historia de la ciencia*, entendiendo por ésta no una especie de crónica de la ciencia, sino aquellas interpretaciones que logran mostrar el desarrollo de la ciencia a partir del contexto histórico en el que se gestaron. Dos ejemplos de historiadores de la ciencia en este sentido son Thomas S. Kuhn y Alexander Koiré.
2. La historia de la ciencia requiere del análisis retroductivo para descubrir el mecanismo cognoscitivo al cual responde la actividad

---

<sup>26</sup> GARCÍA, Rolando. Op., Cit., p. 126. El subrayado es mío.

científica.

Obsérvese que, de acuerdo con I), para estudiar el desarrollo de la ciencia, se requiere considerar su relación con lo social. Esto quiere decir que, como en el análisis individual, se supone que la actividad científica funciona como un sistema abierto y que, por ello, establece relaciones con su entorno social, el cual, *condiciona* (no determina) la dinámica que tomará aquélla en su desarrollo. La consideración del inciso 2), permite estudiar cómo la actividad científica está condicionada epistémicamente por el contexto social. Así, el análisis retroductivo aplicado a la historia de la ciencia, permite identificar aquellas actividades que, en su evolución, terminan siendo consideradas como ciencias. Tal es el caso, por ejemplo, de la alquimia en la Edad Media que, en su evolución, se fue transformando en la química, considerada en la sociedad moderna como una disciplina científica. A estas actividades se les puede llamar *protociencias*. Es importante señalar que para este tipo de análisis García propone el uso de la categoría 'marco epistémico', el cual

“(...) representa un sistema de pensamiento, rara vez explicitado, que permea las concepciones de la época en una cultura dada y condiciona el tipo de teorizaciones que van surgiendo en diversos campos del conocimiento.”<sup>27</sup>

Ahora bien, los cambios de marco epistémico marcan grandes épocas históricas que orientan el sentido de las teorizaciones en diversas disciplinas, pero no determinan su contenido. Al respecto, hay que dejar claro que el concepto de 'marco epistémico' propuesto por García difiere del concepto de 'paradigma' usado por Thomas S. Kuhn. Un 'paradigma' se refiere, por un lado, a los experimentos y ejemplos usados por una teoría científica en su proceso de expansión o bajo el periodo llamado por Kuhn de 'ciencia normal' y, por otra parte, se entiende como el conjunto de teorías, supuestos ontológicos y criterios metodológicos compartidos por

---

<sup>27</sup> *Ibíd.*, p. 157.

una comunidad científica en alguna disciplina.<sup>28</sup> Lo importante es señalar que el alcance explicativo de ambos conceptos es diferente. La noción de 'paradigma' se limita a describir una posible forma en que puede ocurrir la actividad científica en una disciplina, es decir, se trata de una noción que puede ayudar a comprender aspectos relacionados con la sociología de la ciencia. En cambio, la noción de 'marco epistémico' puede ayudar a comprender la dinámica que siguen las disciplinas científicas en su desarrollo, las cuales, como se ha dicho, forman parte de un mismo proceso epistemológico, tal como lo muestran Piaget y García en *Psicogénesis e historia de la ciencia*.

Bajo la perspectiva constructivista de Piaget-García, la 'ciencia' es caracterizada como una institución social, un conjunto de conductas psicológicas y un sistema *sui generis* de signos y de comportamientos cognoscitivos.<sup>29</sup> La dinámica que describe la actividad científica en su progreso, se explica a partir del mismo mecanismo cognoscitivo que condiciona la dinámica del proceso cognoscitivo en el individuo, es decir, la formación de estructuras cognoscitivas que se suceden, separadas por etapas de desequilibrios y reorganizaciones que dan origen a una etapa superior. De esta forma, el progreso de la ciencia muestra trayectorias no lineales y abre una gama de posibilidades en el desarrollo de las teorías científicas y disciplinas dentro de un mismo marco epistémico.

Un ejemplo sobre la importancia que tiene el uso de la categoría 'marco epistémico' para el análisis de la dinámica que describe la ciencia, es el de la comparación entre la concepción taoísta del mundo en Oriente y la concepción aristotélico-tomista en Occidente. Aparentemente, las explicaciones que ofrecen ambas concepciones sobre las transformaciones de la materia son semejantes. Ahora bien, si se acepta que ambas explicaciones comparten la misma visión acerca del mundo, entonces ¿cómo se explica el desarrollo desigual que siguieron las ciencias, en

---

<sup>28</sup> Vid., KUHN, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, 1990. Editorial Fondo de Cultura Económica.

<sup>29</sup> GARCÍA, Rolando. Op., Cit.

particular la física, en dichas regiones, sobre todo a partir del siglo XVIII? Bajo esta premisa la cuestión parece insalvable. Sin embargo, con el apoyo de la noción de 'marco epistémico' es posible mostrar que, por lo contrario, el desarrollo desigual que muestran las ciencias en Oriente y Occidente a partir del Renacimiento en Europa obedece, justamente, a que tales ciencias fueron condicionadas, desde su origen, por marcos epistémicos diferentes. Así, el taoísmo se puede caracterizar como una concepción organicista y dialéctica del mundo, esto es, donde todos los fenómenos se hallan interrelacionados entre sí en un permanente fluir y, por ello, sus propiedades se manifiestan a través del *cambio*. Por otra parte, bajo la concepción aristotélico-tomista del mundo, también aparece la noción de 'cambio' para explicar la génesis y destrucción de las cosas, empero, sostiene que existen elementos fundamentales (Tierra, Aire, Agua y Fuego) que permanecen fijos. Además, afirman que los cambios que siguen las cosas obedecen a un orden, el cual, no emana de las interacciones intrínsecas de las cosas sino que está determinado por la causa final: el *primer motor*.

Las diferencias mencionadas a nivel del marco epistémico entre Oriente y Occidente, permiten comprender, por ejemplo, por qué en China la física no se desarrolló de forma sistematizada como en Occidente. La concepción organicista del mundo que predominó en Oriente, condicionó el desarrollo de una concepción física apoyada en la noción de 'cambio' como algo permanente y no en la noción de 'átomo' y de interrelación entre átomos, permitió el desarrollo de la mecánica y su matematización, ya consolidada, en el siglo XVIII.

Estas diferencias en el desarrollo científico, también se expresaron a nivel del desarrollo técnico. En Oriente el desarrollo del magnetismo, la acústica y la óptica tuvieron mayor desarrollo que en Occidente, mientras que la mecánica permaneció rezagada.<sup>30</sup> En Occidente el desarrollo de la mecánica permitió, entre otros aspectos, el desarrollo de la navegación,

---

<sup>30</sup> *Ibídem*.

elemento fundamental para comprender procesos socio-económicos importantes en su desarrollo histórico.

Por otro lado, cabe mencionar algunas implicaciones de carácter metodológico que se derivan del concepto constructivista de 'ciencia', según la teoría de Piaget-García. Un aspecto importante que se deriva de la premisa que afirma que *el conocimiento es un producto que emerge de las interacciones entre sujeto y objeto*, es que el sujeto *no puede hacer una lectura pura de la experiencia*. Esta consecuencia no solo es válida para los seres humanos en general, sino también para los hombres de ciencia, de acuerdo con el principio de continuidad funcional. La consecuencia tiene suma importancia epistemológica porque evita caer en la afirmación que condujo al empirismo lógico al fracaso inevitable de no poder ofrecer una explicación plausible del desarrollo de las ciencias empíricas: la creencia de que los datos de la experiencia son puros de interpretación. Hay que mencionar que en este aspecto la teoría de Piaget-García coincide con los análisis de Kuhn, Popper y otros autores críticos de las tesis empiristas. Otra implicación importante es que la noción de 'objetividad' no se refiere, bajo la teoría epistemológica de Piaget-García, a la existencia de entidades, propiedades y leyes que se afirma son independientes del sujeto ya que, *prima facie*, no puede existir ningún tipo de conocimiento que no emerja de las interacciones entre sujeto y objeto. Dicha noción hace referencia, mejor dicho, a un tipo de conocimiento construido en forma intersubjetiva, bajo el cual, los miembros de una comunidad (no necesariamente científica) pueden ponerse de acuerdo. Cabe hacer notar que esta noción de 'objetividad' no implica relativismo epistemológico ya que éste, justamente, conduce a la imposibilidad de establecer acuerdos.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Nota: el relativismo epistemológico parte de la idea de que no hay verdades absolutas, en otras palabras, que todas las verdades son relativas lo que supone que la validez de una proposición o de un juicio depende de las circunstancias o condiciones en que son formulados. Estas circunstancias o condiciones pueden ser una determinada situación, un determinado estado de cosas o un determinado momento, obviamente no pueden establecerse acuerdos entre los sujetos de una comunidad bajo estas circunstancias.

### **2.2.3. La Teoría de Sistemas Complejos: una justificación epistemológica constructivista**

En el apartado 2.1 del presente capítulo, se ofreció una caracterización de la perspectiva científica interdisciplinaria, y se mencionó que la convergencia de tres líneas de investigación (la Teoría General de Sistemas (TGS), el uso de la computadora en la investigación físico-matemática y el desarrollo de la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD)) dieron origen a la Teoría de Sistemas Complejos (TSC), la cual, puede considerarse como un nuevo paradigma en proceso de consolidación. Se puntualizó también en que la TSC concibe, por un lado, a su objeto de estudio como un 'sistema complejo' y, por otro lado, se apoya en la investigación interdisciplinaria para abordar la investigación de su objeto de estudio. Así, hablar de 'interdisciplina' consiste en una propuesta metodológica para abordar el análisis del objeto de estudio, el cual, es considerado un sistema complejo. Por este motivo, se tiene que ofrecer una justificación de carácter epistemológica acerca de la TSC. Ahora bien, la elección de que tal justificación sea constructivista responde a tres motivos:

- a) porque la teoría epistemológica de Piaget-García emergió y se consolidó como un sistema complejo;
- b) porque en forma simultánea se construyó una justificación epistemológica constructivista de la TSC, principalmente a través de la obra de Rolando García; y
- c) porque tal justificación está construida a partir de las deficiencias del empirismo lógico, lo que sugiere que su alcance explicativo está por encima de cualquier justificación que se ubique dentro de la perspectiva de aquél.

Una pregunta inmediata que surge de la inquietud de un sujeto que escuche hablar acerca de la Teoría de Sistemas Complejos es la siguiente: '¿qué es un sistema complejo? Para ser consistentes con lo presentado hasta aquí, se tienen que analizar dos posibles respuestas. La primera de ellas se puede ubicar en el marco de los cánones del empirismo lógico, respuesta que, hay que decirlo, predomina aún entre los científicos. La segunda

respuesta se ubica bajo el modelo epistemológico constructivista de Piaget-García. De esta manera, una comparación general permitirá evaluar la consistencia y los alcances explicativos de ambas respuestas. A continuación analicemos la primera de ellas. Una de las hipótesis de base de la perspectiva que sostuvo el empirismo lógico afirma que:

“La ciencia es objetiva y universal, es decir, se refiere a hechos que son independientes del observador y de las teorías que los expliquen.”<sup>32</sup>

De esta afirmación, se sigue que una teoría científica será aceptada como tal en función de la evidencia empírica que presente. Por ello, el contexto de justificación es independiente del contexto de descubrimiento. Esto explica por qué, bajo esta concepción de la 'ciencia', la filosofía de la ciencia debe encargarse solo de la reconstrucción racional de las teorías científicas.

Ahora bien, siendo consecuentes con esta premisa, se puede interpretar a la TSC como una teoría científica encargada de estudiar un cierto tipo de entidades o fenómenos, con propiedades y leyes específicas, independientes del observador, llamados 'sistemas complejos'. Una vez aceptada esta afirmación, resulta válido formularse la siguiente pregunta: ¿a través de qué la TSC se encarga de estudiar las leyes que gobiernan a dichos fenómenos? A través del método científico. Sobre este aspecto, Rudolf Carnap, uno de los principales representantes del Círculo de Viena, señala en el prólogo a la obra de Hans Reichenbach cuyo título es *Moderna Filosofía de la Ciencia*, que:

“En contraste con la filosofía tradicional, que arranca de la intuición pura o de la razón pura, el empirismo toma como punto de partida la imagen del mundo según resulta de la investigación científica y la somete a un análisis cuidadoso; *se esfuerza en descubrir las características principales del método científico* mediante un análisis lógico de las hipótesis,

---

<sup>32</sup> GARCÍA, Rolando. Op., Cit., p.192.

observaciones y convenciones que entran en la construcción de una teoría científica.”<sup>33</sup>

Por otro lado, se mencionó arriba que, de acuerdo con el empirismo lógico, las afirmaciones de la lógica y la matemática son *a priori*, es decir, que su valor de verdad se puede establecer, en principio, sin recurrir a la experiencia. Los integrantes de esta vertiente filosófica creían que, con base en el logicismo de Gottlob Frege y Bertrand Russell, la matemática se reduce a la lógica, siendo ésta en última instancia una tautología.<sup>34</sup> Por consiguiente, sostenían que las expresiones de la matemática son tautologías, esto es, afirmaciones que no aportan nueva información acerca del mundo. En cambio, sostenían que las afirmaciones de las ciencias empíricas sí reportan nuevos conocimientos ya que son *a posteriori*, es decir, que agregan algo más al sistema teórico: la experiencia. Estas consideraciones les condujeron a formular lo que llamaron el *principio de verificación* o de *verificabilidad*, el cual, afirma *grosso modo* que los enunciados que tienen sentido son aquellos que responden a criterios claros de verificación. Así, el conjunto de enunciados que componen a una teoría científica deberán, para que tengan sentido, poderse contrastar, de alguna manera, con la experiencia.

Bajo esta perspectiva, la TSC tiene que probar la validez de sus conjeturas acerca de las propiedades de los sistemas complejos. Aún más, una definición formal del término 'sistemas complejos' debe partir, de acuerdo con la teoría del significado del empirismo lógico, de las propiedades descubiertas en tales sistemas. Un ejemplo en este sentido es la siguiente definición. Se dice que un sistema es complejo si:

- a) está integrado por un cierto número de componentes simples que interactúan entre sí;
- b) su estado cambia al transcurrir el tiempo y el cambio es el resultado de

---

<sup>33</sup> REICHENBACH, Hans. *Moderna filosofía de la ciencia*. Madrid., 1965. Editorial Técnos., p. 11. El subrayado es mío.

<sup>34</sup> Vid., TOMASINI, Alejandro. *Filosofía analítica: un panorama*. México, 2004. Editorial Plaza y Valdés.

una dinámica no lineal que usualmente tiene dos partes: una local, que modifica el estado de los elementos como resultado de su interacción con los elementos vecinos y una dinámica global que obedece a las restricciones que pesan sobre el sistema y que provienen de la interacción de éste con el resto del universo;

c) presenta criticalidad auto-organizada;

d) tiene fractalidad;

e) presenta muchos estados cuantitativamente equivalentes pero cualitativamente distintos; y

f) si muestra propiedades emergentes.<sup>35</sup>

Si bien es cierto que la mayoría de estas propiedades son observables en la naturaleza o por medio de la experimentación, lo que sustenta el sentido de las afirmaciones que componen a la TSC, como lo demanda el principio de verificación, también es cierto que, por otro lado, tiene su correlato en la formalización matemática de la teoría. Así, la TSC se apoya en los avances de la TSD que, de acuerdo con esta filosofía de la ciencia, es la base de su consistencia y generalidad ya que los resultados de la matemática (teoremas) son, a fin de cuentas, tautologías, las cuales expresan la forma lógica del mundo. Ahora bien, ¿qué ocurre si existen, por ejemplo, dos teorías en competencia por explicar las leyes que “gobiernan” a los sistemas complejos? ¿Bajo qué criterio se disuelve la disputa? En este punto, el empirismo lógico es claro: como los datos de nuestra experiencia son puros, entonces, la mejor teoría será aquella que presente sus afirmaciones validadas empíricamente.

Cabe mencionar que, como lo afirmaron después algunos autores críticos de las tesis empiristas como Quine, esta filosofía de la ciencia fracasó en su intento por hacer explícitos los fundamentos del conocimiento científico. De esta manera, el programa logicista en el que se apoyó resultó un fracaso y los intentos por formular el llamado 'principio de verificación' también se

---

<sup>35</sup> Vid., MIRAMONTES, Pedro. *El estructuralismo dinámico*. En RAMÍREZ, Santiago. Op., Cit., pp. 70-82.

derrumbaron.<sup>36</sup> Sin embargo, la concepción empirista de la 'ciencia' predomina aún entre los científicos. Por ello, no resulta extraño observar que la TSC suele asociarse con la TSD y, aún más, escuchar la afirmación de que “todo estudio de los sistemas complejos debe apoyarse en su formalización matemática.”

En contraste con esta interpretación, la teoría epistemológica de Piaget-García, permite ofrecer otra forma de interpretar a la TSC. Así, ante la pregunta '¿qué es un sistema complejo?' Se puede decir lo siguiente: en primer lugar, un sistema complejo no es algo en sí mismo en tanto que, bajo esta perspectiva, todo tipo de conocimiento emerge de las interacciones entre sujeto y objeto. Esto no significa, que se niegue la existencia objetiva de los sistemas complejos sino que, mejor dicho, son algo 'real' en tanto que son contruidos por el sujeto con base en la reflexión y las múltiples interacciones con los objetos. En segundo lugar, el término 'complejo' aparece en la expresión 'sistema complejo' como un adjetivo, no como sustantivo. Esto sugiere que, bajo esta teoría, la expresión 'ciencias de la complejidad' no tiene, por lo menos, la relevancia que aparentemente tiene bajo una perspectiva empirista, ya que no hay algo así como 'lo complejo'. El término 'complejidad' no tiene definición y, por ello, la pregunta '¿qué es la complejidad?' no tiene sentido. En cambio, la palabra 'complejo' se usa como adjetivo en diversas expresiones, por ejemplo: 'algoritmos complejos', 'comportamientos complejos', 'estructuras complejas', etc. Además, en cada una de estas expresiones cambia el sentido del término 'complejo'. Siendo así, tiene sentido hablar de los 'sistemas complejos'.

En cuanto a la noción de 'sistema', se observa que aparece en diversos contextos, por ejemplo, en matemática se habla de 'sistemas de ecuaciones simultáneas', en ciencias sociales se habla de 'sistema socio-económico', en medicina de 'sistema inmunológico', etc. Hay que observar que en todos estos casos la noción de 'sistema' alude a un recorte epistemológico en diversas disciplinas científicas, sean formales o empíricas. Alude, además, a

---

<sup>36</sup> Vid., TOMASINI, Alejandro. Op., Cit., en particular el capítulo sobre el principio de verificación.

un conjunto de elementos relacionados de alguna manera, sean ecuaciones, variables de carácter social, biológico, etc. En ciencias sociales, por ejemplo, pueden establecerse sistemas que, no necesariamente, sean formalizables matemáticamente, empero, si deben ser analizables. Es decir, un sistema puede ser estudiado sin que, obligatoriamente, tenga que ser traducido a un conjunto de ecuaciones. La noción de 'sistema' forma parte de una manera de ver al mundo, es decir, se trata de un supuesto acerca de cómo está organizada la realidad construida por el sujeto.

Ahora bien, Rolando García distingue dos tipos de sistemas:

- a) *sistemas simples*; y
- b) *sistemas complejos*.

Los 'sistemas simples' son aquellos en los cuales, los elementos que los componen se pueden aislar y estudiar por separado. Un ejemplo sencillo es el de un automóvil, el cual, por muy sofisticado que sea, se compone de elementos separables. Supóngase, por ejemplo, que la carrocería recibe un golpe y una parte de ella queda abollada y se desea corregir, en este caso, se puede recurrir al especialista (hojalatero) para que resuelva dicho problema, si no funciona el sistema eléctrico, entonces recurrimos al eléctrico, etc. Nótese que la modificación de alguna parte del auto no afecta a las otras partes que lo componen. Mirado en su totalidad, el buen funcionamiento de un auto puede ofrecer seguridad, comodidad, etc. Así, cuando un 'sistema simple' es sofisticado puede ser visto como un 'sistema complicado' pero no complejo, es decir, que la noción de 'complejo' no es sinónimo de 'complicado', como en ocasiones se usa en el lenguaje natural.

En los 'sistemas complejos' se supone que las características que expresa el sistema, son diferentes a las características que presentan sus componentes por separado, por ello, su estudio no se puede reducir al estudio de sus elementos por separado. En otras palabras, sus componentes son interdefinibles, esto es, que se definen solo en función de sus relaciones con los demás. Se trata pues, de una creencia acerca de cómo funciona la

“realidad” (de carácter natural o social) y forma parte de una cosmovisión. De esta forma, el investigador selecciona los elementos e identifica las relaciones entre dichos componentes de su sistema siguiendo el criterio de mayor precisión y claridad. La expresión, también frecuente, de que en un sistema complejo “todo interactúa con todo” no dice nada. En la construcción de un sistema complejo sigue operando el criterio de la navaja de Okham. Al respecto, señala Rolando García que:

“Es inevitable, por consiguiente, que cada estudio establezca relaciones entre un limitado número de elementos abstraídos del complejo (susceptibles de revisión a lo largo de la investigación). Pero toda abstracción significa tomar en cuenta algunos aspectos del complejo dado, y no otros. Resulta obvio, sin embargo, que cuando un elemento es 'abstraído' y otros dejados de lado, es porque hemos hecho ya una interpretación de tal elemento.”<sup>37</sup>

En particular, la selección de los elementos que componen a un sistema complejo depende de los objetivos de la investigación, mientras que las relaciones que se establecen entre ellos, resultan de las inferencias conceptuales hechas por el investigador. El conjunto de relaciones establecidas constituirá la *estructura* del sistema.

En general, Rolando García propone dos principios metodológicos para construir un sistema complejo:

- I) *principio de organización*; y
- II) *principio de evolución*.

En cuanto al primero, implica considerar tres elementos: estratificación, interacción entre niveles y articulación interna. La *estratificación* se apoya en la hipótesis de que el comportamiento de los fenómenos a diferentes escalas, no es el mismo. Se supone que cada nivel de organización presenta

---

<sup>37</sup> GARCÍA, Rolando. Op., Cit., p. 69.

su propia dinámica y, por ello, son relativamente independientes y, por consiguiente, se pueden estudiar por separado. En otras palabras, los niveles de organización del objeto de estudio no son *interdefinibles*. Cabe señalar que un sistema complejo no necesariamente tiene que presentar una estructura jerárquica entre sus niveles de organización. Ahora bien, las interacciones entre niveles tienen como efecto total, el establecimiento de las *condiciones de contorno* que condicionan, valga la redundancia, la dinámica de cada nivel. A su vez, cada nivel de organización se compone por subsistemas relacionados entre sí. El conjunto de estas relaciones constituye su estructura.

En cuanto al principio de evolución, se afirma que los sistemas complejos evolucionan a través del tiempo siguiendo, en general, los mismos patrones tales como: propiedades emergentes, rupturas de simetría, auto-organización, etc., aunque se trate de sistemas correspondientes a diferentes áreas del conocimiento científico. Esto parece responder al hecho de que los sistemas complejos se apoyan en el supuesto de que son *sistemas abiertos*, es decir, que sus componentes mantienen interacciones con su entorno de tal forma que tales interacciones regulan su dinámica.<sup>38</sup> El desarrollo de la TSD ha permitido el estudio y caracterización general de los sistemas abiertos, los cuales, expresan un comportamiento no lineal y su dinámica opera lejos del equilibrio termodinámico.

Si bien es cierto que, bajo la perspectiva constructivista de Piaget-García, el estudio de los sistemas complejos no requiere, necesariamente, de la formalidad matemática, se reconoce que ésta es importante porque permite inferir características cualitativas que resultan de las interacciones dinámicas entre sus elementos y las condiciones de contorno. La matemática y, en particular, la TSD, es una herramienta de análisis en el estudio de los sistemas complejos, aunque no la única, existen modelos de variables en tiempo discreto como la Teoría de Redes Complejas (TRC) que ayudan a comprender la dinámica de la estructura de un sistema. Así, la

---

<sup>38</sup> Ibidem.

interpretación fenoménica de los resultados que ofrece la matemática, implica el *diálogo interdisciplinario*.

Un ejemplo sería abordar, bajo la perspectiva de la TSC, uno de los problemas más complicados de estudiar en ciencias sociales y humanidades: la corrupción. El problema de la corrupción ha sido abordado desde diversos puntos de vista: ético, político, sociológico, económico y jurídico, en distintos ámbitos de la vida social. Por su naturaleza, se trata de un problema que puede ser estudiado como un sistema complejo. Supóngase que, con fines de prevención, se quiere estudiar la dinámica de la corrupción a nivel de una institución pública. Si se considera como un sistema complejo, es decir, como un sistema en el cual sus elementos son interdefinibles en tanto que, para comprender la dinámica del fenómeno, se tienen que tomar en cuenta las relaciones entre elementos de carácter político, económico, ético, etc., entonces no basta con abordar dicho problema solo desde el ángulo que permite una sola disciplina. Se requiere necesariamente, si es que se plantea como estrategia combatir a la corrupción, de una perspectiva interdisciplinaria para comprender la dinámica de dicho fenómeno y, a partir de allí, elaborar propuestas para su combate. El problema así planteado, implica el diálogo interdisciplinario entre politólogos, economistas, sociólogos, abogados y filósofos especialistas, desde su perspectiva, sobre el tema. Además, se puede recurrir, para el análisis de casos específicos, de físicos, matemáticos y computólogos que, mediante sus herramientas de análisis pueden contribuir a una mejor comprensión de los mecanismos involucrados en la dinámica de tales fenómenos.<sup>39</sup>

Ahora bien, volviendo a nuestra justificación epistemológica constructivista de la TSC, cabe señalar que si el investigador construye el sistema complejo a estudiar y que tal construcción depende del problema y

---

<sup>39</sup> NEME, C. Antonio y ACATITLA, R. Edgar. *Ciencia, tecnología y ética: una mirada a la corrupción en México*. Ponencia presentada en el II Coloquio Internacional: mutaciones del capitalismo. Transformaciones jurídico-políticas y Turbulencias económico-sociales. ¿Hacia una redefinición de la democracia? Trayectorias globales, regionales y nacionales. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, CELA. Subproyecto 4, UNAM.

objetivos establecidos, entonces, esto significa que, con los mismos elementos, se pueden construir sistemas diferentes. Por otro lado, cabe formularse la siguiente pregunta: ¿bajo qué condiciones es posible el diálogo interdisciplinario? Si bien es cierto que, como producto de la investigación especializada, es difícil que los investigadores de diferentes disciplinas puedan dialogar sobre un mismo tema y establecer acuerdos, también es cierto que si los especialistas comparten el mismo marco epistémico, entonces será menos difícil que puedan discutir acerca de un problema y objetivos comunes. Al respecto, señala Rolando García que:

“(…) lo que integra a un equipo interdisciplinario para el estudio de un sistema complejo es un marco conceptual y metodológico común, derivado de una concepción compartida de la relación ciencia-sociedad, que permitirá definir la problemática a estudiar bajo un mismo enfoque, resultado de la especialización de cada uno de los miembros del equipo de investigación.”<sup>40</sup>

Bajo una interpretación constructivista, la investigación interdisciplinaria no se justifica por el hecho de que los investigadores comparten la formalidad matemática, sino porque comparten el mismo marco epistémico y, por ello, pueden compartir los mismos problemas y objetivos de una investigación. En otras palabras, porque los especialistas comparten, más o menos, la misma forma de concebir la relación ciencia-sociedad.

### **2.3. Consideraciones finales**

Por último, cabe remarcar algunas diferencias entre las interpretaciones empirista y constructivista acerca de la TSC. Como se mencionó arriba, de acuerdo con el empirismo lógico, la 'ciencia' es una actividad que genera conocimiento de carácter *objetivo y universal*, en el sentido de que se refiere a hechos que son independientes del observador y de las teorías que

---

<sup>40</sup> GARCÍA, Rolando. *Sistemas Complejos*. Barcelona, 2006. Editorial Gedisa, p.35.

los explican. Ahora bien, de acuerdo con esta noción de 'ciencia' se puede afirmar que la TSC es una teoría científica que tiene como propósito estudiar el comportamiento de entidades naturales (o sociales) que existen independientemente de cualquier observador llamados 'sistemas complejos', es decir, que el hombre de ciencia se encarga de descubrir las propiedades y leyes que explican el comportamiento y evolución de estos sistemas al estudiarlos. Por otro lado, la concepción empirista de la 'ciencia' supone que los datos observacionales son “puros” en el sentido de que son independientes de cualquier marco teórico o interpretación, con base en lo cual, se establece el criterio de que el valor de verdad de los enunciados que componen a las teorías científicas empíricas está dado, finalmente, por su correspondencia o no con los datos observacionales. También se mencionó que, de acuerdo con esta vertiente filosófica, la matemática se reduce a la lógica y que las proposiciones de ésta son, en última instancia, tautologías. De donde se sigue, que los resultados de la matemática (teoremas) son tautologías. De esta manera, las teorías científicas se componen, por una parte, de proposiciones matemáticas que expresan la forma lógica del mundo y, por otra parte, de afirmaciones empíricas que expresan datos sensoriales. Como resultado de una combinación de ambas están los enunciados sintéticos, los cuales, agregan información o conocimiento y componen el cuerpo de las teorías científicas de las ciencias empíricas. Así, los resultados generados por la TSC, constituyen afirmaciones sintéticas en las que se hallan involucrados, por un lado, elementos teóricos expresados matemáticamente y, por otro lado, elementos empíricos productos de la observación y la experimentación. Cabe señalar que, hasta cierto punto, esto explica el hecho de asociar, generalmente, a la TSC con la TSD. Tal asociación expresa el predominio de la concepción empirista de la 'ciencia', aún entre los científicos estudiosos de los sistemas complejos. Empero, no hay que perder de vista que, como se mencionó arriba, dicha concepción sobre la 'ciencia' adolece de serias deficiencias. Al respecto, las investigaciones de Piaget acerca de los factores y condicionantes que posibilitan el conocimiento en los seres humanos, confirmaron que la mayor deficiencia del empirismo lógico consistió en el carácter *a priori* de sus tesis y, en particular, en no haber mostrado, empíricamente, la validez

de la afirmación de que los datos empíricos se reducen a datos sensoriales y que éstos son puros de cualquier interpretación.

En contraste con esta interpretación, la perspectiva constructivista del conocimiento propuesta por Piaget y, posteriormente sistematizada por García, se levanta, justamente, después de haber considerado las deficiencias del empirismo lógico. En primer lugar, no establece *a priori* que el conocimiento científico es 'objetivo' porque sujeto y objeto son independientes, sino que dicha 'objetividad' se construye a partir de las interacciones entre sujeto y objeto. De esta manera, bajo esta perspectiva la TSC es vista como una teoría científica en tanto que estudia un "pedazo" de la realidad con base en la construcción de los sistemas complejos. Obsérvese que, de acuerdo con esta interpretación, los 'sistemas complejos' no son concebidos como entidades con existencia independiente de cualquier observador, sino como una construcción del investigador para abordar problemas de investigación correspondientes a una parte de la realidad. Se trata pues, de una construcción porque los datos observacionales no son puros de interpretación. Así, el 'sistema complejo' es construido por el investigador de tal forma que sus elementos son *interdefinibles*, por ello, el estudio de estos sistemas requiere de la investigación interdisciplinaria ya que los elementos que los componen solo pueden ser estudiados a partir de su relación con los demás. Hay que hacer notar que, bajo esta teoría, la formalidad matemática no constituye una condición necesaria para estudiar a los sistemas complejos, porque basta que el sistema sea construido de tal manera que sus componentes sean *prima facie* analizables. Sin embargo, hay que hacer notar también, que la formalidad matemática representa una importante herramienta de análisis, por lo cual, no debe descartarse su uso en la búsqueda de aspectos cualitativos de los fenómenos abordados bajo este enfoque. Si el uso de la matemática no representa una condición necesaria para el estudio de un sistema complejo ¿qué hace posible a la investigación interdisciplinaria? La conformación y consolidación de un equipo de investigación interdisciplinaria, es posible a partir de que los científicos participantes compartan los mismos intereses por abordar tales problemas, en otras

palabras, deben compartir el mismo marco epistémico y, en particular, la misma forma de concebir la relación ciencia-sociedad.

Por último, cabe hacer la siguiente reflexión: ambas, son interpretaciones sobre la actividad científica y el rol que ésta desempeña en la sociedad. Sin embargo, resulta razonable optar por aquella que ofrece menos deficiencias y un alcance explicativo mayor. En este sentido, la perspectiva constructivista de la TSC ofrece una interpretación que, además de haber superado deficiencias implícitas en la perspectiva del empirismo lógico, no cancela la posibilidad de abordar problemas que, debido a la naturaleza del objeto de estudio, resulta difícil formalizar matemáticamente, tales como el deterioro del medio ambiente, las crisis hambrunas, la corrupción, distribución desigual del progreso técnico y acceso a la tecnología, etc., problemas que, hay que decirlo, exigen una pronta resolución.

### **CAPÍTULO III. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ABORDAR EL PROBLEMA DE LA TECNOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON LO SOCIAL EN AMÉRICA LATINA, BAJO LA PERSPECTIVA DE LA TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS**

#### **3.1; ¿Qué es la tecnología?**

Para dar inicio al presente capítulo, es pertinente considerar lo siguiente: en el Capítulo I se argumentó a favor de la idea de que resulta central que la teoría social latinoamericana, aborde la problemática referida a los procesos tecnológicos y su relación con lo social para comprender mejor la dinámica del capitalismo global y, a partir de allí, formular propuestas a favor de la superación de los problemas sociales que viven los países de la región. Además, se mostró que si bien es cierto que la vertiente del estructuralismo latinoamericano avanzó en el estudio de los cambios tecnológicos y su relación con *lo social* bajo una perspectiva interdisciplinaria, también es cierto que lo hizo bajo un enfoque determinista al partir de una noción de ‘desarrollo’ inscrita en la teoría económica convencional. Esta premisa tiene como consecuencia una noción estática de ‘sistema’, es decir, donde sus elementos se relacionan entre sí a partir de relaciones ya configuradas en términos de los países del Centro y los países de la Periferia. El enfoque resulta limitado en tanto que podría no considerar otras posibilidades que resulten de contemplar la dinámica que dada por las interacciones entre los elementos considerados en el cambio tecnológico y los elementos del entorno social en los países de Latinoamérica. Esto sugiere tomar en cuenta otros enfoques metodológicos que permitan comprender las propiedades cualitativas que emergen de los sistemas dinámicos.

Por otro lado, en el Capítulo II se presentó, de manera general, la perspectiva de la TSC y se mencionó que ésta tiene como propósito estudiar la dinámica de los fenómenos (naturales o sociales) para mostrar propiedades no contempladas bajo el enfoque determinista y lineal que caracteriza a la perspectiva unidisciplinaria. También se propuso una justificación epistemológica constructivista para la TSC elaborada por Jean Piaget y Rolando García.

De esta manera, solo resta formular una propuesta metodológica para abordar el problema de la tecnología y su relación con *lo social* en los países de América Latina bajo la TSC. La idea de este ejercicio es explorar otros enfoques metodológicos que permitan ampliar la perspectiva y poder contemplar así, otras posibilidades para los países de la región.

Ahora bien, el estudio y comprensión de los procesos tecnológicos en sí mismos, supone la formulación de la pregunta acerca de la tecnología. Así, el esclarecimiento sobre los significados que adopta el término 'tecnología', ayudará a delimitar nuestro objeto de estudio y evitar posibles confusiones.

En el Capítulo II se planteó que, en general, la pregunta por la ciencia puede ser interpretada bajo dos formas diferentes de concebir al 'conocimiento': una de ellas se apoya en un enfoque de carácter *apriorista* y, la otra, en un enfoque *no apriorista* del 'conocer'. Puede proponerse entonces que la pregunta por la tecnología es susceptible de ser interpretada bajo estos dos enfoques. Al llegar a este punto, cabe recordar que la filosofía de la ciencia desarrollada por el empirismo lógico fue también el blanco de historiadores de la ciencia, entre los que se puede mencionar, por ejemplo, a Alexander Koiré y a Thomas S. Kuhn. Ahora bien, las nuevas vertientes de la filosofía de la ciencia, como el realismo, adoptaron una posición intermedia entre el empirismo lógico y la posición adoptada por los historiadores de la ciencia críticos de éste. No obstante, al rechazar aspectos de unos y otros no se pone en tela de juicio la raíz empirista de una y otra posición.<sup>1</sup> Entre los autores del realismo se encuentran, por ejemplo, Dudley Shapere, Hilary Putnam y el físico argentino Mario Bunge. A los autores que se ubican en las nuevas vertientes, podemos identificarlos como seguidores del enfoque *apriorista* del conocer en tanto que, para explicar cómo ocurre el conocimiento científico, se apoyan en premisas establecidas a priori. En el caso particular de Mario Bunge, se apoya en el supuesto de que la base de todo conocimiento científico, se compone de tres elementos

---

<sup>1</sup> Vid., GARCÍA, Rolando. Op., Cit.

tomados al mismo tiempo: la razón, los sentidos y la intuición.<sup>2</sup> Sin embargo, no muestra previamente la validez empírica que tiene esta premisa.

Por otro lado, las nuevas vertientes han incursionado en las discusiones acerca de la tecnología y su relación con la ciencia. Así, bajo la perspectiva que sostiene el realismo científico, la pregunta acerca de la tecnología es interpretada en un sentido esencialista, esto es, se busca establecer el significado del término 'tecnología' a partir de las propiedades que distinguen a dicha forma de conocimiento. Ahora bien, con la intención de generar un diálogo con pensadores de América Latina, se presentan a continuación algunas reflexiones de Mario Bunge al respecto:

“El primer problema que plantea la tecnología es el de caracterizarla, tanto más por cuanto no hay consenso acerca de la definición de 'tecnología'. Hay una desconcertante variedad de modos de entender esta palabra. El hombre de la calle confunde a menudo el receptor de televisión con la tecnología que ha guiado su producción. Y más de un estudioso, particularmente en países de habla inglesa, incluye la artesanía en la tecnología. Por ejemplo, el prehistoriador habla a veces de la tecnología de la piedra pulida”.<sup>3</sup>

Además, el uso que en castellano se tiene de los términos 'técnica' y 'tecnología', agravan el desconcierto de Bunge:

“Habitualmente se entiende por *tecnología la técnica que emplea conocimiento científico*. Por ejemplo, se distingue la técnica de la modista, de la tecnología de la industria de la confección”.<sup>4</sup>

De esta manera, para evitar posibles confusiones el pensador argentino propone la siguiente definición de 'tecnología':

---

<sup>2</sup> Vid., BUNGE, Mario. *La investigación científica*. México, 2000. Editorial Siglo XXI.

<sup>3</sup> BUNGE, Mario. *Epistemología*. México, 2002. Editorial Siglo XXI, p.190.

<sup>4</sup> *Ibídem*.

“Definición. Un cuerpo de conocimientos es una tecnología si y solamente si

- I) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico, y
- II) se lo emplea para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales.”<sup>5</sup>

El propio Bunge señala las siguientes observaciones acerca de esta definición:

- a) que una tecnología puede tener o no una intersección no vacía con alguna ciencia. En otras palabras, que comparten, por lo menos, el *método científico*<sup>6</sup> con las ciencias.
- b) Ciencia y tecnología se toman al mismo tiempo. Esto significa que, por ejemplo, no puede considerarse como parte de la tecnología actual a una agronomía que prescindiese de la genética y de la teoría de la evolución; y por último,
- c) que la definición anterior contiene el concepto de *método científico*, que a veces es mal entendido o rechazado.<sup>7</sup>

Obsérvese que la definición está dada en términos de condiciones necesarias y suficientes, es decir, que pretende ser universal a partir de lo que este autor ha considerado lo esencial a la ciencia y a la tecnología: el uso del método científico y el sentido teórico o práctico de las disciplinas. Así,

“Nuestra definición de la tecnología da cabida en ésta a todas las disciplinas *orientadas a la práctica*, siempre que *practiquen el método*

---

<sup>5</sup> Ibídem.

<sup>6</sup> Nota: de acuerdo con Mario Bunge, el método científico se caracteriza por ser un enfoque racional y se vale de una serie de elementos como la formulación de hipótesis y su verificación empírica en las ciencias fácticas para descubrir leyes naturales o sociales y el uso de pruebas lógicas en las ciencias formales. Cabe señalar que, según este autor, el método científico constituye la peculiaridad que distingue a la ciencia de otras formas culturales de conocer la realidad como la religión o el arte.

<sup>7</sup> Ibíd, pp. 190-191.

*científico.*”<sup>8</sup>

Si bien es cierto que la definición propuesta por Mario Bunge evita las posibles confusiones que emergen en el lenguaje natural, también es cierto que no ayuda a la comprensión de los procesos relacionados con el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, el mismo Bunge clasifica a la medicina como una tecnología material biológica y, por otro lado, la historia de esta disciplina reconoce que sus orígenes se remontan a las civilizaciones de la antigüedad: Egipto y Grecia, principalmente. Es obvio, en este caso, que dicha definición no ayuda a comprender el desarrollo histórico de esta disciplina, porque en la antigüedad ésta se apoyaba en la observación y el sentido común y no en el método científico que caracteriza, de acuerdo con Bunge, a la medicina moderna. En este caso, su definición resulta válida solo para el caso de la ciencia moderna. Además, como reconoce el propio Bunge, ciencia y tecnología se toman al mismo tiempo en su definición. En este sentido, si bien es cierto que su definición explica casos como el de las comunicaciones, alámbricas e inalámbricas, las cuales, surgieron de la comprensión del comportamiento del campo electromagnético a través de los estudios de Faraday, Maxwell y Hertz en la segunda mitad del siglo XIX, también es cierto que en el caso de los dispositivos que transforman energía y, en particular, energía térmica en trabajo mecánico, se desarrollaron desde su forma más incipiente, hasta prácticamente la forma en que se conocen hoy en día, sin que hubiera existido la menor comprensión sobre las causas teóricas, esto es, la explicación científica de su funcionamiento. Sin embargo, se puede contra argumentar a favor de Bunge señalando que su definición no establece, como condición necesaria, que el desarrollo de la ciencia debe anteceder a la tecnología sino que, mejor dicho, que ambas comparten, por lo menos, el método científico. Esto sugiere que aunque el desarrollo de una tecnología, como en el caso mencionado, no esté ligado a una teoría científica si tiene que, por lo menos, valerse del método científico. Empero, la historia para comprender el mecanismo de transformación de energía térmica a energía

---

<sup>8</sup> *Ibíd.*, p. 191. El subrayado es mío.

mecánica contradice lo que sugiere la definición de Bunge, ya que la invención y perfeccionamiento de las máquinas térmicas muestra una larga historia iniciada, hasta donde se sabe, por Hero de Alejandría en el siglo II a. C.<sup>9</sup> Obviamente, aún no se habían desarrollado los rasgos más característicos del método científico, al menos como lo entiende Bunge. Derry y Williams señalan que:

“(…) de modo principal, el progreso técnico dependía todavía de la utilización de métodos empíricos por hombres prácticos. En conjunto, hasta 1750 la ciencia, probablemente, obtuvo más de la tecnología que ésta de aquella”.<sup>10</sup>

En cuanto al perfeccionamiento de las máquinas térmicas parece que la experimentación contribuyó de manera importante a su mejoramiento, pero esto ocurrió hasta la segunda mitad del siglo XVIII a través de las investigaciones realizadas por miembros de la Royal Society. En todo caso, este ejemplo contradice la idea de Bunge de que ciencia y tecnología se forman al mismo tiempo.

Otro aspecto que ayuda a comprender la definición de ‘tecnología’ propuesto por Bunge es el siguiente: en todas las disciplinas científicas se observa que existen líneas de investigación teóricas y aplicadas. En este sentido, regresando al ejemplo de la medicina clasificada por él como una tecnología, contiene subramas dedicadas a la investigación teórica, por ejemplo las investigaciones en epidemiología. Ahora bien, si la medicina es una tecnología ¿cómo explicar el desarrollo de líneas de investigación teóricas como parte de ella?

En contraste con esta perspectiva de carácter apriorista, la pregunta acerca de la tecnología se puede abordar bajo una perspectiva no apriorista acerca del conocimiento, en particular, bajo la interpretación constructivista del

---

<sup>9</sup> Vid., GARCÍA-COLÍN S. Leopoldo. *De la máquina de vapor al cero absoluto*. México, 2003. Editorial Fondo de Cultura Económica.

<sup>10</sup> T.K. DERRY y TREVOR I. Williams. *Historia de la tecnología*. Volúmen 1. México, 1977. Editorial Siglo XXI, p. 64.

modelo epistemológico propuesto por Piaget y García. Como se mencionó en el Capítulo II, de acuerdo con estos autores, el sujeto de conocimiento se desarrolla en un contexto social y recibe su influencia a través del lenguaje y de diversas instituciones sociales, incluida la ciencia. Esto sugiere que el significado del término ‘tecnología’ no hay que buscarlo en las propiedades del objeto denotado por esta palabra sino, más bien, en la forma en cómo están contruidos socialmente su (o sus) significado(s).

En este sentido, Pablo Mulás considera que la descripción más formal de esta palabra corresponde al significado de los términos en griego que la componen, es decir, ‘tekno’ que significa *oficio* y ‘logos’ que significa *discurso*. Por consiguiente, la ‘tecnología’ alude al tratado o estudio de las artes y oficios en general.<sup>11</sup>

Sin embargo, esta definición al estilo de diccionario de la lengua española, presenta graves problemas cuando se introduce la noción de ‘ciencia’. Si la ‘tecnología’ es una disciplina que estudia a las artes y oficios en general y si, además, especificamos que procede científicamente para realizar tal estudio, entonces se puede redefinir a la ‘tecnología’ como la ciencia que estudia a las artes y oficios en general. Pero si aceptamos que la tecnología es una ciencia ¿cómo diferenciarla de las disciplinas científicas? En otras palabras, esta definición reduce a la tecnología a una ciencia, en vez de establecer criterios para distinguirla de éstas.

Por otro lado, se trata de una definición que no corresponde con los aspectos generales de la cultura de la Grecia antigua ya que, de acuerdo con algunos autores, parece que los habitantes de esta región no usaban la palabra ‘tecnología’ sino la de ‘τεχνη’ (transcrito al español como *téchne*) la cual, parece referirse a toda serie de reglas por medio de las cuales se desarrolla una habilidad para crear algo.<sup>12</sup> Además, como señala Martín Heidegger en su ensayo *Sobre la técnica* la τεχνη estaba ligada, de manera

---

<sup>11</sup> Vid., MULÁS DEL POZO, Pablo. *La tecnología en el contexto de los desarrollos social y económico*. México, CEIICH, UNAM.

<sup>12</sup> Vid., FERRATER M. José. *Diccionario de Filosofía*. Volumen IV. Barcelona, 1994. Editorial Ariel, p. 3450.

íntima, a la tradición y al culto y, por ello, expresaba una relación cuidadosa con el ser.<sup>13</sup> Para Aristóteles, por ejemplo,

“(...) la τέχνη involucra la totalidad de las posibilidades de cada hombre, las más elevadas y las más íntimas, lo sensible y lo espiritual.”<sup>14</sup>

De esta manera, la noción de τέχνη parece aludir a la actividad creadora (teórico-práctica) del hombre frente a la actividad creadora de la *physis*. Cabe mencionar que, bajo el *marco epistémico* en el que vivieron los griegos de la antigüedad, la *physis* era concebida como una fuerza creadora y era lo que les permitía entender, por ejemplo, por qué una semilla se transforma en una planta o por qué una flor se transforma en un fruto, etc. Por ello, se podría afirmar con Heidegger, que la distinción entre la potencialidad creadora del hombre y la fuerza creadora de la *physis*, manifiesta respeto hacia ésta. En todo caso, no se puede atribuir el uso del término ‘tecnología’ a los griegos de la antigüedad.

En contraste con lo anterior, bajo el *marco epistémico* de lo que se ha dado en llamar *sociedad moderna*, las potencialidades creativas del ser humano se hallan condicionadas (no determinadas) por un sistema socio-económico caracterizado por la búsqueda de las ganancias. Otra característica peculiar de la modernidad capitalista es que, dicha búsqueda, supone una relación hombre-naturaleza en la que ésta es concebida como un objeto, esto es, como un conjunto de recursos o materias primas disponibles para ser transformadas en mercancías bajo un proceso de producción. Al respecto, Marx señala en sus *Manuscritos económico-filosóficos de 1844* que:

“El hecho de que la vida física y espiritual del hombre dependa de la naturaleza no significa otra cosa sino que la naturaleza se relaciona consigo

---

<sup>13</sup> Vid., HEIDEGGER, Martín. *Sobre la técnica*.

<sup>14</sup> ASPE, A. Virginia. *El concepto de técnica, arte y producción en la filosofía de Aristóteles*. México, 1993. Editorial Fondo de Cultura Económica, p. 13.

misma, ya que el hombre es una parte de la naturaleza.”<sup>15</sup>

Sin embargo, bajo el modo capitalista de producción, ocurre que:

“En la medida en que aliena al hombre 1. de la naturaleza, 2. de sí mismo, de su función activa, de su actividad vital, el trabajo alienado también aliena al hombre del género.”<sup>16</sup>

Predomina así, una concepción utilitarista acerca de *lo social y lo natural*, que hace ver al otro (seres humanos y naturaleza) como algo ajeno al hombre mismo.

La caracterización del *marco epistémico* predominante en la sociedad moderna, permite comprender los diversos significados que adopta la palabra ‘tecnología’ usada bajo diferentes contextos condicionados por dicho *marco epistémico*. Así, no resulta extraño que, bajo un contexto que se podría llamar ‘cotidiano’, el “hombre de la calle” como dice Bunge, suele llamar ‘tecnología’ a los productos que resultan de un proceso en el que se han aplicado un conjunto de conocimientos científicos. Igualmente, tampoco resulta ajeno escuchar que por ‘tecnología’ se entiende “la técnica que emplea conocimientos científicos”, ni mucho menos cuando leemos en los diarios que el gobierno incrementará el financiamiento para apoyar el desarrollo de la ‘tecnología’ y elevar así, la competitividad de la industria nacional en el mercado mundial, etc. Se observa pues que, en general, la noción de ‘tecnología’ alude a un conjunto de actividades o procesos relacionados, de alguna manera, con el desarrollo de la ciencia, lo cual, hay que señalarlo, constituye una peculiaridad condicionada por el *marco epistémico* predominante en la sociedad moderna. En este sentido, el intento que presenta Bunge por precisar el concepto de ‘tecnología’ bajo el propósito de establecer sus límites como objeto de estudio tiene, sin duda, su mérito. Lo que resulta discutible es que, pretenda hacerlo ofreciendo una

---

<sup>15</sup> MARX, Kart. *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*. Buenos Aires, 2004. Editorial Colihue, p. 112.

<sup>16</sup> Ibidem.

definición en términos de condiciones necesarias y suficientes. En tal caso, se puede ofrecer, por lo mucho, una caracterización de las actividades o situaciones relacionadas con la noción de ‘tecnología’.

De esta forma, se puede afirmar que bajo un punto de vista epistemológico constructivista, la *‘tecnología’ se puede caracterizar como un proceso de investigación aplicada, generalmente ligada a la ciencia (aunque no necesariamente) y constituye una peculiaridad de la sociedad moderna y, por ello, su dinámica está condicionada (no determinada) por el marco epistémico predominante en este tipo de sociedad.*

Esta caracterización tiene la ventaja de no confundir a la tecnología con la *τεχνη*, la cual, corresponde a otro tipo de organización social y marco epistémico. En segundo lugar, permite distinguir entre las investigaciones de carácter teórico y las de carácter aplicado al interior de una misma disciplina sin clasificar a ésta, en forma absoluta, como ciencia o tecnología. Por ejemplo, en el caso de la medicina que ha desarrollado líneas de investigación teóricas como la epidemiología, no puede ser clasificada en absoluto como una tecnología, mejor dicho, se pueden distinguir los aspectos científicos y tecnológicos presentes en esta disciplina. Las investigaciones científicas pueden recurrir, en su desarrollo, a la tecnología (aunque no necesariamente) y no por ello dejan de ser ciencias, tal es el caso, por ejemplo, del desarrollo que ha tenido la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD) en la matemática al apoyarse en la computación.

Cabe mencionar que, en general, la palabra ‘tecnología’ se puede usar, bajo diferentes contextos, como sustantivo o como adjetivo. Por ejemplo, cuando alguien se refiere a un ‘complejo tecnológico’, ‘sistema de innovación tecnológica’, etc., la palabra ‘tecnológico(a)’ se usa como adjetivo para distinguir a un conjunto de actividades, con ciertas características, de otras.

### 3.2. La tecnología como un sistema complejo

Si la 'tecnología' se caracteriza como un cuerpo de conocimientos resultantes de los procesos de investigación aplicada, entonces se puede afirmar que, en tanto conocimiento, puede ser concebida como un *sistema complejo*. Esto significa que, como en todo tipo de conocimiento, a nivel individual interactúan tres sistemas que, a su vez, pueden ser estudiados por separado en forma relativa: el sistema biológico, el sistema psicológico y el sistema social. En otro nivel de análisis, esto es, en un nivel social, la tecnología puede ser considerada, en forma semejante a la ciencia, como una institución social. Así, se puede analizar el desarrollo de la tecnología en una región o país y bajo un intervalo de tiempo determinado, considerándola como un sistema complejo.

Ahora bien, en tanto sistema complejo, la tecnología se compone de procesos que involucran conocimientos aplicados, por un lado, a problemas socio-económicos e históricos y, por otro lado, a procesos o fenómenos naturales. Empero, ante cambios en los problemas socio-económicos y en los procesos naturales, también se modifican los procesos tecnológicos. En general, se puede considerar a la tecnología como un sistema abierto que sostiene relaciones de intercambio de materia, energía, información, etc., con los sistemas natural y social. En este sentido, es producto y produce o transforma a los sistemas natural y social. Se trata, como en el caso de cualquier sistema abierto, de un sistema dinámico y no lineal. Por ello, debido a la complejidad de las relaciones involucradas obliga a plantear una metodología para su estudio: la interdisciplina bajo la perspectiva de la TSC.

Por otro lado, el *marco epistémico* predominante en determinado momento histórico, condiciona (no determina) la dinámica del desarrollo de la tecnología porque marca las pautas de la forma en cómo se relacionarán los sistemas natural, socio-económico y tecnológico. En otras palabras, condiciona el sentido que tiene la producción y el uso de la tecnología. De esta forma, bajo el *marco epistémico* predominante en la sociedad moderna

capitalista, el sentido de la producción y uso de la tecnología está condicionado a la obtención e incremento del nivel de ganancias de las empresas. Esto explica por qué la tecnología es considerada como una variable central, para explicar los procesos de crecimiento económico a los niveles micro y macro por la teoría económica. Sin embargo, el condicionamiento (y no la determinación) que impone el *marco epistémico* predominante, permite pensar que, bajo otros *marcos epistémicos* posibles, se podrían dar otras orientaciones a la producción y uso de la tecnología, por ejemplo, para combatir la pobreza, para el rescate del medio ambiente, etc.

### **3.3. La interdisciplina en el estudio de la tecnología**

Una vez delimitado nuestro objeto de estudio y planteado como un sistema complejo, se propone la investigación interdisciplinaria como metodología para abordar el estudio de la tecnología. De esta manera, cada uno de los sistemas relacionados con la tecnología, es decir, el socio-económico, el histórico y el natural, pueden ser abordados en forma relativamente independiente por especialistas. No obstante, sus análisis girarán en torno a la problemática concreta planteada y su punto de vista tendrá que considerar el punto de vista de los otros investigadores. Esto requiere de una actitud abierta al diálogo por parte de éstos.

Ahora bien, en el Capítulo II se mencionó que la perspectiva de la complejidad se plantea cuando la explicación disciplinaria y especializada llega a su límite, es decir, cuando no logra establecer relaciones causales consideradas como centrales entre las variables que forman parte de un problema de investigación. Un ejemplo sobre estos límites, es la explicación de las crisis financieras bajo el punto de vista de la economía. Como señala Carlota Pérez, en esta disciplina ocurre que:

“(…) los estudiosos de las finanzas –y en particular de las crisis financieras- rara vez han prestado atención a la economía real de la

producción de bienes y servicios (o lo que Schumpeter llamó ‘Güterwelt’), ni tampoco han tenido mucho que ver con la tecnología y relación con las oportunidades de inversión.”<sup>17</sup>

Aunque esta autora señala que dicho descuido por parte de los economistas se debe al hecho de que las mayores burbujas financieras tienden a ocurrir cuando el capital financiero prácticamente se ha desacoplado de la economía real y vuela por cuenta propia, lo cierto es que también el trabajo de investigación especializado impide al investigador observar posibles relaciones con otras variables, incluso con variables no contempladas por las teorías predominantes en dicha disciplina. Posteriormente, Carlota Pérez menciona que su propuesta de explicación de las crisis financieras, vincula dos aspectos de la economía estudiados por separado: el cambio tecnológico y la dinámica de los mercados financieros. Aclara que su interpretación,

“(…) intenta entretelar juntas estas dos cuestiones dentro de una *perspectiva interdisciplinaria* amplia, *trascendiendo las fronteras de la economía*.”<sup>18</sup>

Este ejemplo también muestra que, bajo una perspectiva interdisciplinaria, la interpretación histórica tiene gran relevancia. Como se mencionó en el Capítulo II, la visión histórica de las problemáticas se opone al enfoque ahistórico del empirismo lógico. Otro elemento que no hay que perder de vista es lo que hace posible el trabajo interdisciplinario, esto es, lo que permite que un grupo de investigadores compartan el interés respecto de un problema común. Se mencionó que esto es posible cuando los especialistas en diversas áreas comparten el mismo marco epistémico. Como señala Russel Hanson: “toda experiencia está cargada de teoría”, en otras palabras, el problema que se plantea estudiar un científico no emana de la realidad en sí misma, sino de la manera en como la comunidad científica interpreta dicha realidad. En el ejemplo mencionado, el interés por comprender las

---

<sup>17</sup> PÉREZ, Carlota. Op., Cit., pp.20-21.

<sup>18</sup> Ibídem. El subrayado es mío.

causas involucradas en el fenómeno de las crisis financieras, así como las respuestas insatisfactorias ofrecidas por especialistas pertenecientes a dicha comunidad científica, condujeron a Carlota Pérez a plantear el problema bajo una perspectiva interdisciplinaria. Si bien es cierto que esta autora aborda la dinámica del cambio tecnológico, lo hace solo en relación con el entorno socio-económico pero no aborda (porque no es su propósito) el problema del cambio tecnológico y sus repercusiones con el medio ambiente. Así, el investigador plantea el recorte de la realidad que le interesa estudiar como un sistema complejo y, por consiguiente, en ese recorte están implícitos los alcances de su investigación. Empero, cabe señalar que existen otros trabajos de investigación que sí incorporan la problemática del medio ambiente, por ejemplo, el trabajo colectivo del equipo de investigación del programa SAS (UAM-UNRISD) en colaboración con el programa ABC de IFIAS, acerca de la introducción del cultivo de sorgo en la región del Bajío, en México, con su impacto sobre el medio físico y la sociedad. En definitiva, lo que hace posible a la investigación interdisciplinaria es que los especialistas compartan una forma de ver las relaciones entre ciencia y sociedad y, se puede agregar, entre sociedad y naturaleza.

Por otro lado, también se mencionó en el Capítulo II que el estudio de un sistema complejo no requiere *prima facie* del uso de modelos matemáticos o de cómputo. No obstante, esto no implica rechazar la posibilidad de contar con estos instrumentos de análisis. Como menciona Rolando García:

“(…) los modelos de desarrollo que son tratables matemáticamente han permitido esclarecer procesos que se presentan en diversos dominios de fenómenos, con alto grado de generalidad, y en sistemas complejos no modelizables con sistemas de ecuaciones dinámicas.”<sup>19</sup>

Aparece aquí, otra peculiaridad del enfoque interdisciplinario de la TSC: se desvanece la línea que había mantenido separadas por largo tiempo a las

---

<sup>19</sup> GARCÍA, Rolando. Op., Cit., p. 83.

“ciencias duras” de las “ciencias blandas”.

Entre los modelos matemáticos y de cómputo de los cuales se puede echar mano, si el objeto de estudio lo permite, se cuenta con:

a) *modelos en tiempo continuo*: en general, estos modelos expresan las trayectorias que pueden seguir las variables y las relaciones entre éstas, de un objeto de estudio considerado como un sistema complejo. Lo relevante es que dichas trayectorias muestran continuidad en el tiempo. Este tipo de modelos está representado por la TSD.

b) *Modelos en tiempo discreto*: estos modelos muestran los cambios que pueden ocurrir en la estructura de un sistema complejo, con base en información de las variables involucradas medidas en unidades de tiempo discreto (no continuo). Cabe señalar, que la TSC emplea una variedad de modelos discretos desarrollados por la computación, por ejemplo: modelos de *redes complejas*, *autómatas celulares* y *modelos multiagentes*, que pueden ser de gran utilidad en la representación de la dinámica de un sistema social.

En el apartado que sigue, se hablará de la posibilidad de usar estos instrumentos de análisis en el estudio del problema de la tecnología y su relación con lo social en los países de América Latina.

### **3.4. Vuelta al problema de la tecnología en los países de América Latina**

En el Capítulo I se mencionó *grosso modo* la importancia que tiene el estudio de los cambios tecnológicos y su relación con *lo social*, para poder comprender el sentido de las mutaciones que vive la sociedad moderna capitalista. También se mencionó cómo ha sido abordado este problema bajo diversas perspectivas: filosófica, económica y sociológica, principalmente.

En el contexto de los países de América Latina sobresalen, al respecto, las reflexiones de dos vertientes que forman parte de la teoría social latinoamericana: la teoría de la dependencia y la teoría estructuralista de la CEPAL. Se observó la importancia que tiene el estudio de la tecnología y su relación con *lo social* en ambos marcos conceptuales. Ahora bien, supongamos que estas teorías son consideradas como marcos epistémicos diferentes, en tanto que conciben de manera distinta las relaciones capitalistas entre los países del Centro y los de la Periferia, entonces es posible proponer la investigación interdisciplinaria de la TSC en ambos marcos conceptuales, motivada por las problemáticas observadas en éstas y, en particular, para abordar el estudio del problema señalado sobre la tecnología. Esto podría potenciar los análisis vertidos por ambas teorías.

Así, por ejemplo, en el sentido de la primera teoría se concibe la idea de que la dependencia es un problema estructural e integral y que, por consiguiente, se puede superar solamente si queda aniquilado el modo capitalista de producción en su totalidad. Esto sugiere, que la tarea consiste en construir una estrategia que permita anular las relaciones de explotación de los seres humanos y la naturaleza mediante otras formas posibles de organización social. La búsqueda de estas nuevas formas, deja sobre la mesa de discusión el problema de comprender los mecanismos en torno a los cambios tecnológicos y los cambios sociales, ya que:

- I) dada la importancia estratégica que tiene la tecnología en el afianzamiento de las relaciones de explotación, marginación y exclusión social que caracterizan al capitalismo, no es suficiente estudiar, solamente, los efectos que tiene la implementación de una nueva tecnología, sobre la explotación de la fuerza de trabajo en los países de la región. Se requiere descifrar, en concreto, los usos de la tecnología en sectores estratégicos como: el sector empresarial, el militar, el político y el educativo, esto es, en aquellos sectores encargados de reproducir los mecanismos que hacen posible la lógica del capital; y
- II) por el *uso y apropiación* de los conocimientos científicos y

tecnológicos, en la construcción de un proyecto social alternativo.

Ambos motivos indican que el problema a investigar, bajo la teoría de la dependencia, sería complicado por la cantidad de variables, aspectos y situaciones involucradas. Sin embargo, es aquí donde la TSC puede ser útil para enfocar y analizar, a través de sus herramientas de análisis, un problema que *prima facie* parece difícil de abordar. De esta manera, si el objeto de estudio, es decir, la tecnología y los procesos sociales relacionados con ella, se consideran un sistema complejo, la discusión interdisciplinaria bajo la perspectiva de la complejidad puede ayudar a esclarecer problemas específicos y avanzar en su estudio.

Un ejemplo es el uso de la teoría de redes complejas en el estudio y diseño de lazos de retroalimentación social. Cabe señalar, que la noción de 'retroalimentación' surgió de los estudios de la cibernética, esto es, de la línea de investigación interdisciplinaria que estudia el control y la comunicación en los seres humanos, los animales, las organizaciones y las máquinas. Posteriormente, con base en los avances de la computación, se inició el estudio de redes neuronales e inteligencia artificial, que ha sido aplicada a diversos ámbitos como la robótica en la ingeniería y en la economía en las ciencias sociales.

De esta forma, si se considera, por ejemplo, a los procesos sociales de producción y consumo como lazos de retroalimentación, es posible concebir, bajo ciertas condiciones, organizaciones sociales complejas en donde la demanda por consumo alimenta procesos productivos que, remunerando el trabajo humano, distribuyan socialmente el valor económico producido, realimentando la propia demanda por consumo, permitiendo así el crecimiento auto-organizado y auto-regulado de nuevas organizaciones y sistemas sociales. Así,

“El estudio de los flujos materiales y de valor que realizamos en la revolución de las redes, muestra que si los procesos de consumo final y productivo realimentaron procesos laborales justos y ecológicamente

correctos, se torna posible expandir innumerables redes autónomas y sustentables de economía solidaria como alternativa, en oposición a la actual globalización capitalista.”<sup>20</sup>

La organización de un sistema socio-económico alternativo no es una tarea fácil, ya que requiere del establecimiento claro de objetivos y acuerdos comunes, así como de su cumplimiento por parte de los que en él participen. Sin embargo, las redes de solidaridad son un hecho en diversas partes del mundo. En este sentido, la teoría de redes neuronales podría ayudar a comprender su funcionamiento y dinámica y, a su vez, estos estudios podrían ser útiles en la construcción de un sistema socio-económico más complicado que logre desplazar al modo socio-económico capitalista.

Por otro lado, bajo el contexto de la teoría estructuralista de la CEPAL, el problema de la dependencia que sostienen los países latinoamericanos respecto de los países del Centro, se puede superar dentro de los márgenes que establece el modo capitalista de producción. Además, según esta vertiente teórica, el cambio tecnológico es considerado como una variable endógena al proceso de desarrollo y, por consiguiente, como un elemento que tiene influencia en la elaboración de una estrategia de desarrollo para estos países. Si bien es cierto que estas ideas encontraron su aplicación a través de la influencia que tuvieron sobre las políticas de industrialización en Latinoamérica entre los años cincuenta y setenta del siglo XX, también es cierto que hubo ambigüedad, por parte de los asesores de la CEPAL, respecto de la política de ciencia y tecnología que debían adoptar los gobiernos de los países de la región. Aunque el Estado se convirtió en el principal promotor del desarrollo de la ciencia y la tecnología durante el periodo conocido como *modelo de sustitución de importaciones*, los procesos de innovación y cambio tecnológico continuaron en manos de las grandes empresas transnacionales.

---

<sup>20</sup> ANDRÉ M., Euclides. *Redes de colaboración solidaria*. México, 2006. Colección Otras Voces, UACM., p. 104.

Posteriormente, entre los años setenta y ochenta, Fernando Fajnzylber avanzó en el estudio del progreso tecnológico y su relación con la equidad social. Sin embargo, aunque este autor intentó enfocar la problemática desde un punto de vista interdisciplinario, su propuesta analítica no considera otros elementos importantes como la relación entre el poder, como parte de las condiciones de contorno, y la orientación que tiene el desarrollo de la ciencia y la tecnología. En general, la corriente estructuralista de la CEPAL enfocó el problema del cambio tecnológico y su relación con *lo social* en los países de América Latina, bajo una perspectiva interdisciplinaria. Sin embargo, como se mencionó en el Capítulo I de la presente investigación, su enfoque parte de una noción de ‘sistema’ en el que se supone que las relaciones entre los elementos que lo componen están dadas y se reafirman conforme transcurre el tiempo, por lo cual, se trata de un enfoque estático. La noción de ‘estructura’ asociada a la de ‘sistema’ alude, justamente, a las relaciones dadas que siguen los componentes del sistema. En particular, la estructura del sistema económico mundial configura relaciones de tipo Centro-Periferia, donde los países desarrollados se ubican en el Centro y los países subdesarrollados en la Periferia.

La noción de ‘desarrollo’ se deriva de la teoría económica convencional y hace referencia a procesos de crecimiento económico en los que se alcanzan ciertos niveles de acumulación de capital, productividad y niveles promedio de vida de la población. A su vez, la noción de ‘productividad’ se halla relacionada con la de ‘tecnología’ y ésta se ubica en el marco de la noción de ‘desarrollo’. La ‘tecnología’ es un concepto que se refiere a la aplicación del conocimiento científico en la producción de bienes y servicios (mercancías) bajo el propósito de obtener mayor utilidad. Es decir, la noción de ‘tecnología’ está definida en términos económicos. Además, se concibe que en el marco del sistema económico mundial (Centro-Periferia), los cambios tecnológicos relevantes se generan en las economías del Centro y se difunden hacia los países de la Periferia a través, principalmente, de las empresas transnacionales. Bajo esta estructura económica mundial, los países de la Periferia aparecen cumpliendo funciones dadas respecto de la

tecnología, esto es, como usuarios y no como generadores de la misma.

Así, el subdesarrollo que viven los países de la periferia y, en particular, los países de América Latina, se concibe como un *modo de ser*. Se trata pues, de una concepción determinista en el sentido de que la tecnología, vista como un proceso, está dada bajo la estructura de un sistema económico mundial de tipo Centro-Periferia y, además, es una concepción reduccionista en tanto que se trata de una noción definida en términos de la economía. De esta manera, el cambio tecnológico y su relación con *lo social* aparece, bajo la corriente del estructuralismo cepalino como un proceso de carácter estrictamente económico y los factores considerados “no económicos” se presentan como inhibidores de dicho proceso.

Ahora bien, supóngase que se parte de la perspectiva de la TSC y, bajo esta mirada, se intenta abordar el problema del cambio tecnológico y su relación con *lo social* en los países de Latinoamérica. En este caso, la noción de ‘sistema’ no se ubica dentro de los márgenes del determinismo, ya que se supone que los elementos de un sistema se relacionan de tal forma que establecen una dinámica en la que pueden emerger formas nuevas de relación entre los componentes del sistema, dando origen a nuevas estructuras del mismo. Además, se supone que los elementos de un sistema complejo son interdefinibles, es decir, que solo se definen a partir de su relación con los demás componentes. Bajo esta perspectiva, se concibe que, en el caso de nuestro interés, los procesos tecnológicos están condicionados (no determinados) por elementos del entorno social y, a su vez, la dinámica social está condicionada (no determinada) por los cambios tecnológicos. De esta manera, bajo la perspectiva de la complejidad, explicar los cambios tecnológicos no constituye un problema exclusivo de una disciplina, por lo que se trata de una concepción no reduccionista. Hay que señalar que otros factores como los políticos, sociales y culturales aparecen como elementos que forman parte del mismo proceso, esto es, son componentes de un mismo sistema complejo. El estudio de la dinámica no lineal que caracteriza a los sistemas complejos, que se deriva de su carácter no determinista y no reduccionista, plantean la necesidad metodológica de abordar su estudio a

través de la interdisciplina. Este enfoque marca diferencias con el enfoque interdisciplinario que se deriva de la concepción estructuralista de la CEPAL. En la TSC todas las disciplinas y puntos de vista de especialistas involucrados tienen la misma importancia, mientras que en la concepción estructuralista cepalina se agregan otros puntos de vista a una problemática que, desde una misma disciplina, se presenta como difícil o complicada pero que, en principio, puede ser explicada por dicha disciplina. Esto es lo que ocurre en el caso del ‘desarrollo’, el cual, se concibe en el marco de la teoría económica convencional y, en principio, puede ser explicado bajo los términos de la ciencia económica. Hay que señalar, que bajo la noción de ‘tecnología’ entendida bajo la perspectiva de la TSC, por ejemplo la noción que se deriva del modelo epistemológico de Piaget-García, la noción de ‘desarrollo’ podría ampliarse ya que otros términos asociados con el de ‘tecnología’ como el de ‘progreso tecnológico’, el cual, se asocia directamente con el de ‘desarrollo’, no quedaría restringido al sentido exclusivamente económico o productivista sino, en general, en términos epistemológicos y, por consiguiente, como un producto cultural o propio del ser humano. Ésta podría representar otra línea de investigación y reflexión a la que se tendría que dedicar un lugar especial.

Por último, hay que señalar que las diferencias señaladas entre el enfoque interdisciplinario del estructuralismo latinoamericano y el de la TSC, justifican la propuesta general del presente trabajo, en el sentido de que, la perspectiva de la TSC y el conjunto de herramientas analíticas que ofrece, puede contribuir a potenciar el desarrollo del pensamiento social latinoamericano y, en consecuencia, en la elaboración de una estrategia para superar los problemas propios de los países de América Latina. A continuación, se presentan algunos ejemplos sobre el uso de esta teoría en algunas problemáticas relacionadas con la tecnología.

Uno de los problemas importantes es el de la *brecha tecnológica* que separa a los países de la región con respecto de los países desarrollados. Este tema resulta central en el marco de la corriente estructuralista de la CEPAL, sin embargo, se presenta complicado de abordar debido a la

magnitud de variables que habría que considerar. En este caso, la teoría de redes complejas puede ser relevante al menos por dos motivos:

- I) porque permitiría esclarecer la estructura (y su dinámica) de lo que se podría llamar el *complejo de ciencia y tecnología* en los países de América Latina; y
- II) porque, una vez esclarecida dicha estructura, se podrían diseñar políticas que permitan potenciar el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

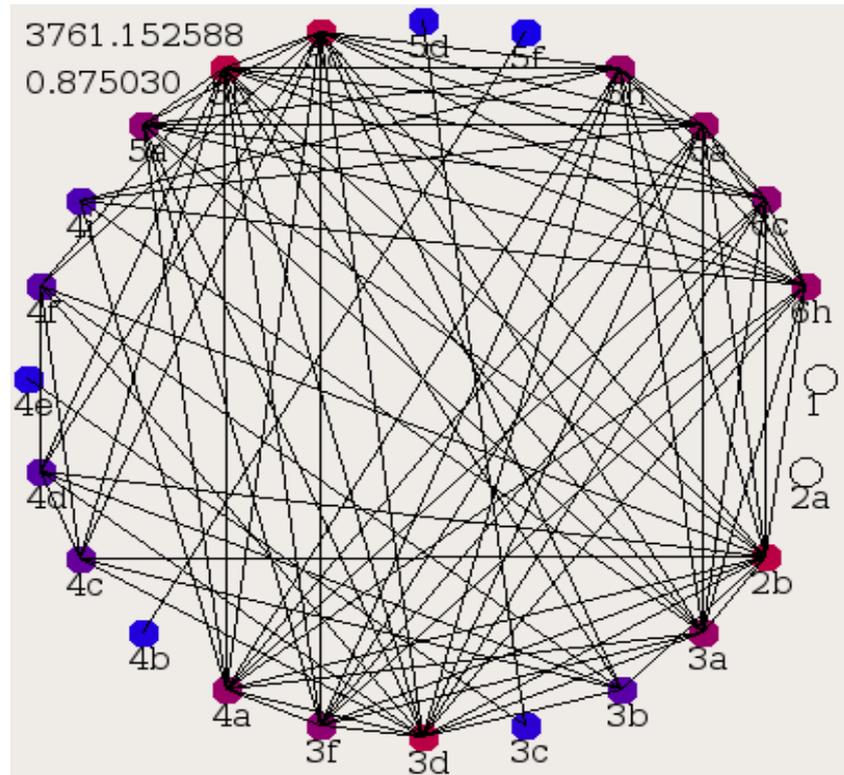
Ahora bien, considérense los siguientes escenarios posibles: supóngase, por ejemplo, que se quiere potenciar la generación de ciencia y tecnología en determinado país de Latinoamérica. Sin embargo, ocurre que el gobierno de dicho país no cuenta con suficientes recursos financieros para ello. En este caso, la cooperación regional puede ser clave para alcanzar tal objetivo. El uso de las redes complejas como herramienta de análisis en el diseño de políticas regionales puede ser importante, ya que pueden potenciarse los intercambios de información entre los centros de investigación científico-tecnológica a nivel local y regional.

La importancia de la teoría de redes reside en que es posible analizar varias posibilidades que pueden darse a partir de las posibles combinaciones de las relaciones entre los nodos de una red. Considérense dos casos extremos: en el primero, supóngase que los centros de investigación científica y tecnológica de los países de América Latina están poco vinculados entre sí, esto es, hay escaso flujo de información, no hay intercambios de investigadores, no hay proyectos conjuntos de investigación, etc. En una situación así, el progreso de la ciencia y la tecnología sería lento, ya que los centros de investigación trabajarían en forma casi aislada y dejarían de aprovechar los avances hechos en otros centros de la región.

En el segundo caso, supóngase una situación en que los centros de investigación están vinculados. En esta situación, los avances de los

diferentes centros de investigación serían aprovechados para abordar problemáticas que sean objeto de preocupación entre la comunidad científica de América Latina. Esta situación podría verse reflejada en el progreso científico y tecnológico, así como en la resolución de problemáticas comunes que atañen a las sociedades de la región. La teoría de redes complejas representa una herramienta de análisis que permitiría analizar las posibilidades para potenciar el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los países latinoamericanos, a partir del estudio de los vínculos que puedan darse entre los centros.

En la figura siguiente se observa la estructura de una red diseñada a través de programas de cómputo. El análisis de este tipo de redes se apoya en dos valores numéricos: el primero de ellos, se refiere a la *distancia característica*, en tanto que el segundo es conocido como *cohesión*. La distancia característica,  $L$ , mide el promedio del número de aristas (conexiones) que tienen que recorrerse entre cualesquiera dos nodos. Ahora bien, entre mayor sea  $L$  mayor será el tiempo que tardará en fluir la información. Una red con una  $L$  de uno es la más eficiente en cuanto al tiempo en que fluye la información entre los distintos nodos, pues indica que todos los nodos se encuentran en comunicación directa. Una  $L$  muy grande se encuentra en redes en las que la comunicación no es adecuada. La cohesión,  $C$ , cuantifica el índice de agrupamiento en una red. Nos indica cuántos de los nodos vecinos de un nodo son vecinos entre ellos. Se establece que dos nodos son vecinos si existe entre ellos una arista que los conecta. Una cohesión máxima se da cuando  $C = 1$ , esto es, cuando todos los nodos son vecinos entre sí.



**Figura No.2.** En esta figura se muestra el análisis de la estructura de una red compleja. En este ejemplo se han desconectado, por medio de la simulación, 2 de los nodos concentradores de información y se observa que la red se hace inconexa, es decir, que la estructura de la red es frágil y podría dejar de cumplir sus funciones (Cortesía del Dr. Antonio Neme Castillo profesor-investigador de la Maestría en Dinámica No Lineal y Sistemas Complejos, Universidad Autónoma de la Ciudad de México).

Los parámetros señalados permitirían analizar los posibles vínculos entre centros de investigación científica y tecnológica en los países de América Latina. Por ejemplo, supóngase que cada uno de los nodos de la red que aparece en la figura representa un centro de investigación científica y/o tecnológica correspondiente a cada uno de los países de América Latina, entonces la red representa la estructura de las relaciones o intercambios de información entre estos centros. Sin embargo, podría darse el caso en que, como se muestra en la figura, haya centros que estén más vinculados que otros, por ejemplo, que los centros de investigación del Cono Sur estén más vinculados entre sí que con el resto de los centros de la región. Esto significa que podría haber desarrollos desiguales entre ellos o, en otros

términos, que los intercambios de información entre los centros de investigación no se han potenciado y, por consiguiente, afecta al desarrollo de la región considerada en conjunto. No obstante, a través de la obtención de los parámetros señalados, se podrían analizar posibilidades para superar dicho problema y diseñar políticas de ciencia y tecnología que permitan superar dichos problemas y potenciar su desarrollo.

No se olvide que estas herramientas de análisis ofrecen algunos resultados o implicaciones generales acerca de la dinámica de un sistema social, que deberán estar respaldados por la investigación interdisciplinaria, en la cual, cada uno de los investigadores participantes comparten el mismo marco epistémico.

Por otra parte, cabe señalar que en cuanto al *uso y apropiación* de la tecnología requieren de esta perspectiva interdisciplinaria para su mejor aprovechamiento social. Póngase, por ejemplo, en el marco de la última revolución tecnológica, el problema de la *brecha digital*. Este término acuñado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), es un indicador que mide el acceso que tiene la población de un país a internet. Empero, como señala Natalia Volkow se trata de un problema que:

“(...) merece una atención especial por los esfuerzos que los diferentes gobiernos están emprendiendo por reducir la llamada 'brecha digital'. Estos esfuerzos implican gastos de recursos, los cuales siempre son escasos y por consiguiente conllevan un costo de oportunidad asociado muy alto al competir con la atención de muchas otras necesidades sociales y económicas de la población.”<sup>21</sup>

Así, aumentar la proporción de la población que tiene acceso a internet no significa, necesariamente, mayor desarrollo o, en términos de Fajnzylber,

---

<sup>21</sup> VOLKOW, N. “La brecha digital, un concepto social con cuatro dimensiones”. En *Boletín de Política Informática*, número 6, 2003. INEGI, México.

mayor *equidad social*. En otras palabras, el *uso* de una tecnología no implica su *apropiación*, no obstante, toda *apropiación* si implica un *uso*. El proceso que implica el *uso* de la tecnología requiere de una estrategia que contemple su *apropiación*. De esta manera, ¿qué importancia puede tener para un país subdesarrollado contar con los conocimientos y herramientas de vanguardia si no son apropiados para atender las problemáticas sociales y, mejorar así, el nivel de vida de su población? La TSC puede contribuir, a través de la perspectiva interdisciplinaria, en la elaboración de tal estrategia.

Por último, hay que señalar que tanto en la teoría de la dependencia como en la teoría estructuralista de la CEPAL, los estudios acerca de la tecnología y los procesos relacionados con *lo social* no son aún suficientes, de acuerdo con el contexto de cada teoría, por lo cual, es factible proponer el enfoque y las herramientas de análisis de la TSC, como una posibilidad para potenciar los alcances explicativos y de transformación de las realidades que viven los pueblos latinoamericanos.

### **3.5. Consideraciones finales**

La justificación epistemológica constructivista de la TSC presentada en el Capítulo II, permitió discutir la noción de 'tecnología' bajo dos perspectivas epistemológicas: la filosofía de la ciencia y la tecnología de Mario Bunge, la cual, es de carácter *apriorista*, y la teoría de Piaget-García que es de carácter *no apriorista*. Esta discusión facilitó explorar los alcances y límites de la noción bungeana de 'tecnología' y, simultáneamente, se propuso otra noción con base en la perspectiva constructivista del modelo epistemológico de Piaget-García, el cual, se ubica bajo la perspectiva de la complejidad. Ésta noción de 'tecnología' permitió, a su vez, volver al problema de la tecnología y su relación con *lo social* en el ámbito de la teoría social latinoamericana. Se mostró en general que, suponiendo que ambas concepciones representan marcos epistémicos distintos, la perspectiva que ofrece la TSC y sus herramientas de análisis pueden

potenciar su desarrollo en la comprensión de la dinámica que presenta el capitalismo global, a partir del estudio de la tecnología y su relación con *lo social*, visto como un sistema complejo.

En particular, se mostró que la corriente del estructuralismo cepalino, si bien es cierto que avanzó en el estudio de esta problemática con base en un enfoque metodológico interdisciplinario, también es cierto que tal enfoque se inscribe en una perspectiva determinista y reduccionista. Por otro lado, el uso de la perspectiva y herramientas de análisis de la TSC, plantea la posibilidad de observar otras posibilidades no contempladas por el estructuralismo latinoamericano respecto de la problemática en cuestión. A manera de ejemplos, se exploraron los problemas sobre la brecha tecnológica y la brecha digital en el caso de los países de la región.

#### IV. CONSIDERACIONES FINALES GENERALES

En este trabajo de investigación, se puso énfasis en la importancia que tiene para las ciencias sociales y las humanidades, el problema de la tecnología y su relación con *lo social* para explicar las mutaciones que experimenta la sociedad moderna capitalista. En este sentido, dicho problema resulta ser una preocupación nodal para la filosofía, la economía y la sociología, principalmente. En el contexto de la teoría social latinoamericana el tema adquiere relevancia especial, en tanto que es uno de los elementos centrales para comprender el atraso y la dependencia que viven los países de América Latina respecto de los países del Centro.

Sin embargo, abordar la investigación de un problema con la magnitud señalada resulta complicado, ya que intervienen un conjunto de variables de diversa naturaleza además de que, muestran una dinámica y las posibles relaciones entre ellas también son cambiantes. Esto ha conducido a investigadores de distintas disciplinas a estudiarlo según el punto de vista y metodología en cada especialidad. En el ámbito de la teoría social latinoamericana, este problema ha sido tratado, fundamentalmente, por un punto de vista socio- económico a través de la teoría de la dependencia y del estructuralismo de la CEPAL. Aunque ambas vertientes han observado diferentes aspectos del problema, su perspectiva podría potenciarse para explicar las mutaciones que vive la sociedad capitalista en su fase global al incorporar el enfoque de la TSC así como sus herramientas de análisis y, con base en ello, construir una estrategia que permita a los pueblos latinoamericanos afrontar sus problemáticas propias.

No obstante, esta propuesta requiere de una justificación epistemológica y metodológica. Como se mostró, la teoría epistemológica de Piaget-García proporciona elementos, bajo una perspectiva constructivista, a favor de dicha fundamentación ya que el problema mismo del conocimiento es analizado, por esta teoría, como un sistema complejo.

Finalmente, se exploraron algunos ejemplos a favor de la idea de que las

teorías de la dependencia y el estructuralismo cepalino pueden potenciar sus estudios críticos al considerar a la TSC.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDRÉ M., Euclides. *Redes de colaboración solidaria*. México, 2006. Colección Otras Voces, UACM.

ASPE A., Virginia. *El concepto de técnica, arte y producción en la filosofía de Aristóteles*. México, 1993. Editorial Fondo de Cultura Económica.

BERTALANFFY, Karl Von. *Teoría General de los Sistemas*. México, 2003. Editorial Fondo de Cultura Económica.

BUNGE, Mario. *La investigación científica*. México, 2000. Editorial Siglo XXI.

BUNGE, Mario. *Epistemología*. México, 2002. Editorial Siglo XXI.

CASSIRER, Ernst. *El problema del conocimiento*. Volúmen I. México, 1992. Editorial Fondo de Cultura Económica.

CASTELLS, Manuel. *La era de la información*. México. Editorial Siglo XXI.

CORONA, T. Leonal (compilador). *Teorías económicas de la innovación tecnológica*. México, 2002. Editorial IPN y UNAM.

DESCARTES, René. *Discurso del método*. Madrid, 2006. Editorial Austral.

DOS SANTOS, Teotonio. *Imperialismo y Dependencia*. México, 1986. Editorial Era.

FERRATER M., José. *Diccionario de Filosofía*. Volúmen IV. Barcelona, 1994. Editorial Ariel.

GARCÍA-COLÍN S., Leopoldo. *De la máquina de vapor al cero absoluto*.

México, 2002. Editorial Fondo de Cultura Económica.

GARCÍA M. Manuel. *Lecciones preliminares de filosofía*. México, 2005. Editorial Porrúa.

GARCÍA, Rolando. *Sistemas Complejos*. Barcelona, 2006. Editorial Gedisa.

GARCÍA, Rolando. *El conocimiento en construcción*. Barcelona, 2000. Editorial Gedisa.

GONZÁLEZ C. Pablo. *Las Nuevas Ciencias y las Humanidades. De la academia a la política*. Barcelona, 2005. Editoriales Anthropos y UNAM.

HEIDEGGER, Martín. *Sobre la Técnica*.

KANT, Emanuel. *Crítica de la Razón Pura*. México, 1986. Editorial Porrúa.

KUHN, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, 1990. Editorial Fondo de Cultura Económica.

MARX, Karl. *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*. Buenos Aires, 2004. Editorial Colihue.

MARINI, M. Ruy. "Las raíces del pensamiento latinoamericano". En *Archivos de Ruy Mauro Marini*.

MARINI, M. Ruy. *Dialéctica de la dependencia*. México, 1987. Editorial Era.

MULÁS DEL POZO, Pablo. *La tecnología en el contexto de los desarrollos social y económico*. México. CEIICH, UNAM.

NEME, Antonio y ACATITLA, Edgar. *Ciencia, tecnología y ética: una mirada a la corrupción en México*. Ponencia presentada en el segundo Coloquio Internacional: Mutaciones del Capitalismo. Subproyecto CELA—4, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, 2007.

PÉREZ, Carlota. *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México, 2004. Editorial Siglo XXI.

PIAGET, Jean y GARCÍA, Rolando. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México, 2004. Editorial Siglo XXI.

PIAGET, Jean. *Psicología y pedagogía*. Madrid, 1983. Editorial SARPE.

PLATÓN. “Teeteto o de la Ciencia”. En *Diálogos de Platón*. México, 1990. Editorial Porrúa.

RAMÍREZ, Santiago (coordinador). *Perspectivas en las teorías de los sistemas*. México, 1999. Editorial Siglo XXI.

REICHENBACH, Hans. *Moderna filosofía de la ciencia*. Madrid, 1965. Editorial Técnos.

SERRANO, Jorge. *Filosofía de la Ciencia*. México, 1990. Editorial Trillas.

SOTELO V. Adrián. “Dependencia y sistema mundial: ¿convergencia o divergencia? Contribución al debate sobre la teoría marxista de la dependencia en el siglo XXI”.

TOMASINI, Alejandro. *Filosofía analítica: un panorama*. México, 2004. Editorial Plaza y Valdés.

T.K.DERRY y TREVOR I. Williams. *Historia de la tecnología*. Volúmen I. México, 1977. Editorial Siglo XXI.

VOLKOW, Natalia. “La brecha digital, un concepto social con cuatro dimensiones. En *Boletín de Política Informática*, Número 6, 2003. INEGI, México.