

## Autorreferencialidad, tecnología y desarrollo sostenible: hacia la autopoiesis reflexiva

*Self-referentiality, technology and sustainable development: towards a reflexive self-poiesis*

*Josep Pont Vidal*

La relación entre tecnología, sociedad y desarrollo sostenible se ha realizado habitualmente en base a variaciones fundamentadas de la teoría general de sistemas, basada en el entendimiento sistémico de la causalidad recursiva de los procesos sociales. Sin embargo, poco se ha profundizado teóricamente sobre cuestiones como la naturaleza, estructura, dinámicas, "clausura operacional" y comunicación de los sistemas. La teoría de sistemas autorreferenciales de Niklas Luhmann intenta responder a estas cuestiones teniendo como idea central la autorreferencialidad o autopoiesis. Sin embargo, presenta sus limitaciones cuando se trata de la observación de la acción subjetiva como conductora de las decisiones. A partir de una nueva lectura del concepto, se propone la noción de "autopoiesis reflexiva" que pretende superar las limitaciones epistemológicas de la teoría luhmanniana y también del sesgo sociobiológico y conductista original.

---

The relationship between technology, society and sustainable development has been carried out based on usually informed variations from the general systems theory, itself based on the systemic understanding of recursive causality for social processes. However, the knowledge of theoretical issues such as the nature, structure, dynamics, "operational closure" and systems communication is superficial. The self-referential systems theory of Niklas Luhmann attempts to answer these questions using self-referentiality or self-poiesis as the keystone. However, it also presents some limitations when it comes to the observation of subjective actions as decision drivers. Based on a new interpretation of the concept, the notion of "reflexive self-poiesis" is proposed here to overcome both the limitations of the Luhmannian epistemological theory and its original sociobiology and behavioral biases.

### **Descriptores / Keywords**

Teoría sistemas autorreferenciales, tecnología, autopoiesis, desarrollo sostenible.  
/ self-referential systems theory, technology, self-poiesis, sustainable development.



## Autorreferencialidad, tecnología y desarrollo sostenible: hacia la autopoiesis reflexiva

*Self-referentiality, technology and sustainable development: towards a reflexive self-poiesis*

Josep Pont Vidal

*Profesor Titular e investigador del Núcleo Altos Estudos Amazônicos (NAEA),  
Universidade Federal do Pará (UFPA) Brasil.  
josevidal@ufpa.br*

### Técnica, tecnología y sistemas

La dicotomía entre la función emancipadora o no libertadora, la hegemonía de esta última, y las consecuencias no calculadas de la tecnología y de su aplicación poco democrática y de su desarrollo en las sociedades avanzadas ya fue diagnosticada a mediados del siglo pasado por el filósofo Herbert Marcuse en *One-Dimensional Man* (1964), en la que realizó una radical crítica a las consecuencias del progreso exclusivamente tecnológico y sus implicaciones para el desarrollo humano y social. En las décadas siguientes, la relación entre técnica, tecnología y desarrollo ha seguido siendo controvertida, destacando la visión de la tecnología y la sostenibilidad, y desde una perspectiva dialéctica, la función que ejerce la técnica en las democracias en *Ciencia y técnica como ideología* de Jürgen Habermas (1968) cuya línea argumentativa ha sido continuada (Leff, 1994; Westphalen, 1997). También se ha iniciado una línea de investigación sobre los efectos causales de la tecnología en el cambio social (Pérez, 2001).

Posteriormente la relación de técnica, tecnología y desarrollo se ha debatido con la aparición de problemas derivados de la aplicación de nuevas tecnologías, “tecnologías apropiadas” -en la denominación de los años 70- y el desarrollo sostenible, en un primer momento en las sociedades poco desarrolladas, y más tarde, debido a la insostenible extensión planetaria, en todas las sociedades (Halfmann, 2002; Kopfmüller, et.al, 2001; Brandt, 2002). También surgen las críticas a la utilización exclusiva y limitada de la tecnología, sin tener en cuenta las posibilidades de orientarla socialmente (Bansen, et. al., 1987) y de vincularla con la ética, la cultura, el sustento y la justicia. La utilización y aplicación de la tecnología se ha operacionalizado desde una perspectiva teórica sistémica de orientación funcionalista, con la ayuda de indicadores que parten de la comprensión de la técnica como sistema y su directa interrelación simbólica con su aplicación práctica para el desarrollo sostenible de las comunidades y países (Funtowicz; et al., 1998; Gallopín, 1999; Cuello, et al., 2003).

La observación de los sistemas socio-ecológicos tradicionalmente se ha fundamentado en la lógica de los sistemas abiertos. Esta ha mostrado también sus límites, al no ofrecer la reflexión teórica suficiente respecto a la constitución del sistema, y también a la comunicación derivada del sistema con el entorno. La teoría de sistemas autorreferenciales elaborada por Niklas Luhmann constituye una aportación teórica decisiva para la fundamentación del acoplamiento entre sistema y entorno. Sin embargo, como toda metateoría, adolece de una serie de “límites”, especialmente en lo que se refiere a relegar a un papel secundario los aspectos ontológicos y antropológicos de los sistemas. Para subsanar este problema teórico han surgido diversas alternativas teóricas y metodológicas.

Por un lado, la introducción del concepto de resiliencia en la lógica de los sistemas abiertos, y también en algunos casos en los sistemas autopoieticos. La comprensión de los sistemas autorreferenciales o autopoieticos propuesta por Luhmann aporta una serie de elementos teóricos para la comprensión de la naturaleza de los sistemas, el carácter de sus interacciones y su capacidad autogenerativa en sistemas cuyo funcionamiento se basa en la idea de la “clausura operacional” de los sistemas cerrados, y también en los sistemas abiertos. Conceptos como *acoplamiento estructural*, *complejidad organizada*, *entendimiento comunicativo* y *autopoiesis* aportan una comprensión teórica que responde a la mayoría de cuestiones sistémicas planteadas, al posibilitar una relación conceptual como teórica intersistémica y comunicativa con otros subsistemas dentro del sistema societal. Sin embargo, al prescindir en su paradigma del componente antropológico, y del reduccionismo tecnológico, son escasamente considerados los aspectos relativos a las consecuencias de la aplicación tecnológica en los campos de la ética, cultura y sustento de las personas.

Por otro lado, recientemente se ha optado por la inclusión de los aspectos subjetivos relacionados con el sistema, entendido éste como el sujeto y su relación con el *hábitat*. En este sentido destacan los estudios y observaciones sobre la dimensión subjetiva en la observación del desarrollo humano (Veenhoven, 2010; Domínguez Martín et. al. 2012; Schimmel, 2009) y en el desarrollo rural sustentable (sostenible) (Martínez-Dávila, 2010).

El análisis multifactorial del desarrollo sostenible constituye un fenómeno marcado por la complejidad. En este sentido, cada vez es más evidente y necesario procurar nuevos paradigmas que superen los anteriores y propongan nuevas formas de gestión, articulación y observación de la acción humana. Esto se refleja en la necesidad de mejora de la eficiencia, los hábitos de consumo, y la relación del hombre (entendido aquí como sujeto) con la tecnología y la naturaleza. En este marco de complejidad, la idea de aplicar la “autopoiesis reflexiva”, constituye una aportación conceptual para superar los “límites” de la teoría luhmanniana y también para superar la insuficiencia

teórica con la inclusión, externa a la lógica del sistema, del concepto de resiliencia.

En base a las premisas teóricas y las consideraciones expuestas, nos proponemos explorar:

- Los límites en el plano teórico referentes a la contradicción entre sistema abierto y la inclusión del concepto de resiliencia.
- Las posibilidades y límites teóricos de la teoría de sistemas autorreferenciales o autopoieticos, para la observación de la estructura y dinámicas del *sistema tecnológico*, direccionado para el desarrollo humano sostenible.
- La propuesta de utilización de la noción de “autopoiesis reflexiva”, cuyo fundamento surge en la capacidad de decisión subjetiva del ser humano, como determinante de la acción.

## **1. Observación de los proceso de interacción**

Los procesos de interacción entre tecnologías sostenibles y el medio ambiente han sido observados bajo diversos enfoques (ecología económica, perspectivas económicas neoclásicas). En los estudios de aplicabilidad efectiva de este tipo de técnicas ha sido prácticamente indiscutible el entendimiento imperante basado en la idea sistémica de la causalidad recursiva de los procesos sociales. Desde la década de los años 1970, la utilización o inspiración de los análisis basados en la observación de la aplicación de tecnologías y su impacto en el medio ambiente se han fundamentado en variaciones de la teoría general de sistemas, salvo algunas excepciones basadas en la premisa de la existencia del conflicto de actores (Mauerhofer, 2008). Tal ha sido el enfoque en la mayoría de informes y proyectos de implementación tecnológica, de forma implícita o explícita, sobre la realización de los procesos que vinculan y aplican la tecnología para la resolución de problemas medioambientales, o en su especificidad ecotecnológica. En estos, destacan dos abordajes teóricos, que aunque epistemológicamente relacionados, han seguido caminos propios:

a) La idea de redes o “*network analysis*”, en la observación de las relaciones humanas fundamentadas en cálculos matemáticos ha sido analizada por la teoría de las redes (Börner, et al., 2007) y las contribuciones de la “teoría de la red-actor” (*Actor-Network Theory*). En base a la idea de red, se han creado redes de comunicación internacionales de centros de investigación para el desarrollo sostenible. Sin embargo, esta teoría entendida también como técnica y metodología, y por lo tanto paradigma, adolece de una serie de limitaciones referentes a su estatismo, y referente a la mera descripción de la red. También manifiesta una falta de fundamento teórico con escasas referencias de carácter comunicativo referente a las interacciones sociales previas existentes a las redes y a la construcción subjetiva de los significados de la población observada.

b) La idea de sistemas basada en la causa-efecto de los fenómenos, que se manifiesta en la formulación de *inputs* y *outputs*, o entradas y salidas a partir de la construcción previa de un sistema (“caja negra”, black box). El contexto epistemológico de estas teorías lo constituye el pensamiento multi- y transdisciplinar en la articulación de saberes y ciencias (Jantsch, 1980).

Por otro lado, la teoría de sistemas abiertos, basada en la lógica causa-efecto, describe y analiza el tipo de interacciones entre estos sistemas, su estructura y orientación y en qué sentido pueden dirigirse las dinámicas de estos a partir de *inputs* y *outputs*, y que incluyen también las decisiones individuales y colectivas (Mesarovic, 1997). Esta concepción es aplicada al entendimiento de los cambios tecnológicos y la sostenibilidad ecológica (Faucheux, et al., 1995; Faucheux, et al., 1997) así como los modelos basados en el binomio *entropía-sintropía*. La actuación y resultados de esta idea comprenden un amplio campo de acción propositiva, que abarca desde las políticas públicas medioambientales, la planificación sostenible del ambiente y territorio y la gestión ambiental, entre otras. Se trata habitualmente de estudios e informes de carácter técnico que, sin embargo, poco profundizan cuestiones teóricas relacionadas con la naturaleza de los sistemas como son el carácter de estas interacciones, sus posibilidades comunicativas o su capacidad autogenerativa.

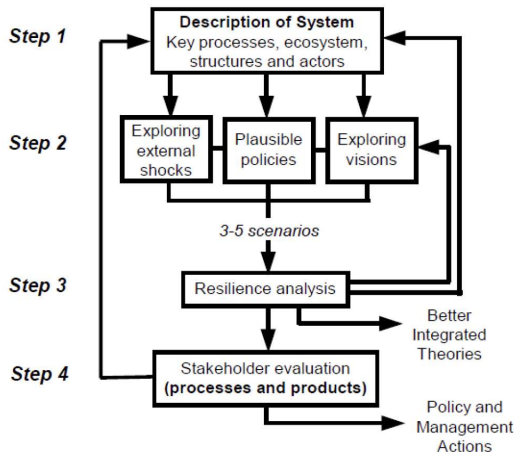
La aplicación de estas propuestas y soluciones técnicas, para implementar y experimentar en las comunidades técnicas direccionadas al desarrollo sostenible, habitualmente se fundamenta en las teorías de competitividad sistémica, *-valoración integrada o modelo integrado-* como contribuciones para el desarrollo sostenible. Estos modelos también adolecen de una limitación al estar fundamentados metodológicamente y técnicamente en datos directamente medidos casi exclusivamente cuantitativos o en indicadores igualmente cuantitativos (Bossel, 1999; *II International Conference on Sustainability Measurement and Modelling*, 2009; Gallopín, 2006; 2003). La valoración integrada no numérica, o al menos no exclusivamente numérica, queda relegada. Debería ser un proceso de razonamiento con base humana, hecho ya constatado de tal forma que el “terreno no numérico de la realidad se debe tomar en cuenta de manera explícita” (Mesarovic, 1997, p.71). En ambas teorías –teoría de redes y sistémica- aparecen problemas teóricos a la hora de definir cómo la complejidad afecta el funcionamiento de los sistemas. Más adelante reflexionaremos sobre los problemas resultantes de este enfoque.

Desde el fallecimiento de Niklas Luhmann, la discusión teórica entre tecnología y entorno no ha tenido mucha resonancia en los medios académicos, y tan solo recientemente el tema vuelve a adquirir actualidad (Oosterlaken, 2010; Lippuner, 2011).

## 2. Inclusión sistémica del término resiliencia

Se han dado respuestas utilizando o aplicando en algunos casos el concepto de “resiliencia” o de “capacidad adaptativa”. Por un lado, los modelos basados en *Socio-Ecological-Systems* (SESs) o “enlaces socio-ecológicos” (Berkes y Folke, 1998) y que se basan en un concepto integrado del “ser humano-en-la naturaleza”. Los SESs –o Sistemas Socio Ecológicos SSEs-, como sistemas complejos poseen una serie de características como: no linealidad, incertidumbre, emergencia, y auto-organización (Berkes et al, 2003). Aportaciones posteriores proponen modelos de observación sistémica en los que se incluye el concepto de resiliencia de los actores (Walker et.al., 2002; Ostrom, 2009).

En el modelo propuesto por Walker para el análisis de la resiliencia en sistemas socio-ecológicos (Walker, et al., 2002), se añade la inclusión de un observador externo en la lógica del sistema abierto, en la terminología luhmanniana de *segundo orden*, lo que permite a través de su posición privilegiada observar lo que otros observadores describen, además de captar y establecer distinciones y diferencias. Consta de cuatro pasos que comprenden la descripción del sistema, la formulación de escenarios, el análisis de la resiliencia y la evaluación de los *stakeholders* (partes interesadas en la planificación estratégica). Al aplicar el concepto de resiliencia entendida como “capacidad adaptativa” del sistema ecológico, se limita a la observación y análisis de procesos en el ámbito socio-ecológico, con la configuración prospectiva de escenarios, descartándose por lo tanto observaciones sistémicas en procesos no ecológicos, como los políticos o administrativos.



**Figura 1.** Estructura para el análisis de la resiliencia en el sistema socio-ecológico  
Fuente: Walker, Brian, et al. (2002), *Resilience management in Social-ecological System: a Working Hypothesis for a Participatory Approach*.

La resiliencia en el modelo descrito adquiere una doble función en el sistema socio-ecológico. Ésta se encuentra no en el entorno del sistema, sino como un concepto metodológico ya que forma parte de una comprensión global que permite la observación del fenómeno desde la perspectiva del observador. El sistema lo constituye la “*Description of System*”, en el que sin embargo, no se especifica cuáles son sus límites, los procesos clave, con qué criterios se incluye a unos actores y sus estructuras. La descripción del sistema aparece como una fase que conforma un estudio de caso. Las políticas o “*visions*” aparecen como *outputs*. El modelo se fundamenta en dos premisas teóricas: i) se trata de un modelo socio-ecológico en el que la resiliencia aporta las reflexiones para la actuación individual y colectiva de los ciudadanos frente a un shock externo (terremoto, contaminación nuclear, atmosférica o hídrica peligrosa y grave, o bien otro desastre natural que afecta profundamente a toda una comunidad; ii) se trata de un concepto externo al sistema. La propuesta posee una aplicación para un sistema socio-ecológico que ha experimentado un shock, aunque surge la cuestión sobre su utilidad en la observación de un sistema político administrativo y cualquier otro subsistema.

La resiliencia opera por un lado, como *input*, al proponer soluciones en escenarios alternativos y, por otro lado, como *output* al ser producto de una propuesta derivada de la aplicación de determinadas políticas públicas, visiones de futuro, y sondeo y evaluación de los shocks externos. Influye por lo tanto doblemente en el funcionamiento del sistema.

Como primer paso para superar la contradicción teórica, proponemos una nueva lectura del concepto original de autopoiesis elaborado por los neurobiólogos Humberto Maturana y Francisco Valera (1980) y del análisis del concepto de resiliencia también ampliamente utilizado en la teoría de sistemas.

### **3. Teoría de sistemas autorreferenciales de Niklas Luhmann**

La “nueva teoría sistémica”, que surge en la década de los años 1980, formada por una serie de pensadores (Prigogine, Jantsch, Müller) aporta una revisión de la crítica a la ciencia transformándola en una nueva conciencia, conduciendo a una “nueva racionalidad”. La teoría de sistemas autorreferenciales de Niklas Luhmann o sociología autopoietica, se enmarca en esta concepción. Esta teoría consiste en entender los sistemas no como dependientes de un entorno, sino a partir de la idea de que poseen una autonomía y que su dinámica y dirección dependen de sistemas y estructuras internas que surgen también de sus propias interacciones. Tiene una pretensión de interdisciplinariedad, que se traduce en un compromiso constante con un planteamiento que no se reduce a un ámbito particular, sino que en todo momento mantiene una pretensión de generalidad, al tener entre sus presupuestos principales la



complejidad. Se trata de un intento de construcción teórica con capacidad para establecer un diálogo con otras diversas áreas de conocimiento. Sobrepasa la teoría basada en la relación clásica causa-efecto, puesto que considera la causalidad como una forma de organización autorreferente, limitándose a la descripción de la sociedad. La potencialidad de esta teoría se refiere al entendimiento teórico y dinámico sobre la naturaleza y movimiento de los sistemas, así como a su capacidad autoorganizativa.

Sin embargo, desde una perspectiva sociológica, la teoría autorreferencial de Luhmann adolece de una serie de límites que se manifiestan fundamentalmente en torno a su enfoque exclusivamente positivista y que ignora las bases ontológicas del conocimiento y de la acción humana. En este marco teórico, consideramos necesario, aunque de forma sucinta, analizar el concepto de autopoiesis<sup>5</sup> propuesto por Maturana y Valera (1980) que asume la existencia de "seres vivos".

La idea en su teoría autopoietica de los sistemas psíquicos parte de una serie de premisas. La primera considera los seres vivos como "sistemas determinados estructuralmente". Todo lo cuanto ocurre en ellos está determinado por los cambios estructurales autogenerados o desencadenados en su interacción con el entorno, pero siempre en condiciones de autonomía. La segunda se refiere al cambio estructural que tiene lugar como resultado de la dinámica interna del sistema vivo, pero también como una transformación desencadenada por la interacción del sistema con el entorno, el cual está también en continuo cambio y transformación. Por último, la conservación de la organización autopoietica constituye la prerrogativa y condición que permite a los seres vivos mantenerse vigentes. Los cambios que pueda experimentar la estructura del sistema no inciden en modificar su identidad de clase, siempre y cuando el tipo de organización que le es característico se conserve.

### **Sistema tecnológico y entorno**

La teoría sistémica requiere una lógica no lineal, vinculada con la paradoja de que una diferenciación sólo puede diferenciarse de aquello que ha estado presente, en un contexto estructural indiferenciado y previamente existente. La paradoja en la descripción luhmanniana aparece porque el sistema que se observa ya existía previamente a la observación. Para Luhmann: "la diferenciación no es descomposición de un "todo" en "partes", ni en el sentido de descomposición conceptual (divino) ni en el sentido de división real (partido)"<sup>6</sup>. Siguiendo esta lógica, aparece la cuestión sobre la diferenciación del ser humano<sup>7</sup>, al estar tradicionalmente restringida la lectura de la diferenciación del sistema sociedad a la lectura de la división del trabajo o a la formación de clases sociales. Luhmann describe el concepto de diferenciación como poco elaborado si se toma como base la diferenciación sistémica y no como diferenciación respecto a tal o cual cosa, en el que es posible distinguir tres aspectos: 1) la relación entre sistema y entorno; 2) la posibilidad de diferenciar

sistemas auto-referenciales; 3) la diferenciación sistémica, en la que en un sistema se introduce de nuevo una distinción entre sistema y entorno. Con estas operaciones, se forman sistemas parciales para los que el resto del sistema es un entorno interno.

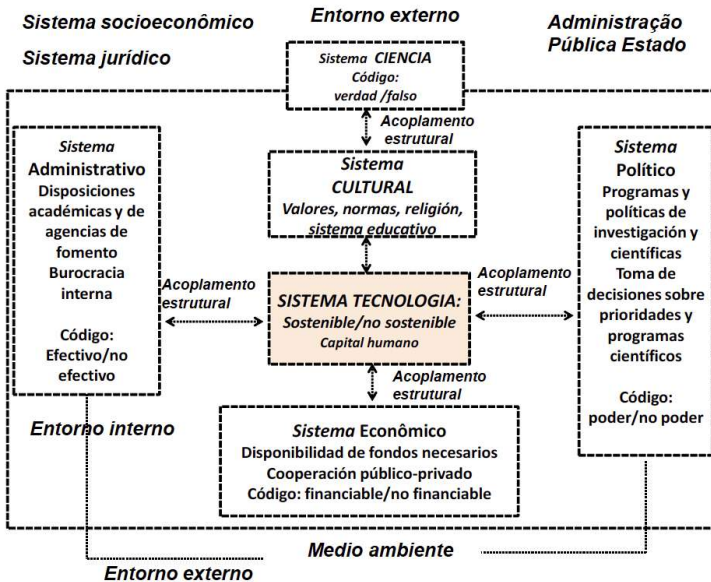
La ciencia constituye un sistema funcional diferenciado cuyo objetivo filosófico es la búsqueda de la verdad (aunque el práctico sea la búsqueda de la utilidad, de la predicción útil). También la tecnología es un sistema, y específicamente un sistema autopoietico, ya que equivale a reconocer que está formado por una serie de elementos autogenerados por el propio sistema, como es el constante surgimiento de nuevas tecnologías y soluciones tecnológicas. Sus límites se establecen hasta el punto en que la técnica se expande en sus operaciones y aplicaciones. Estas penetran e invaden todos los aspectos de la vida cotidiana y laboral, el funcionamiento de las comunidades y ciudades, de las instituciones, de la administración y de todas las esferas de poder económico, político y administrativo. Las posibles operaciones entre sistemas –intersistémicas- fijan en cierta forma sus límites.

La complejidad y magnitud alcanzada por el sistema de la tecnología no sería posible sin su constante expansión, creación de nuevas tecnologías que solucionan los problemas de tecnologías ya superadas o obsoletas, y su estrecha vinculación funcional con los medios económicos y políticos, y también los recursos humanos disponibles. El dominio de la técnica y tecnología está estrechamente vinculado con el poder. Cuanto más diferenciado el proceso tecnológico, más funcional resulta y también más aceptado por la mayoría de las sociedades y personas. Sin embargo, en las últimas décadas se ha puesto de manifiesto que accidentes y catástrofes aparentemente imprevisibles han avalado esta creencia (Bophal, Seveso, Chernobyl, Fukushima) por citar tan solo algunas directamente vinculadas con la aplicación de la tecnología. Una consecuencia han sido las respuestas y acciones ciudadanas cuestionando las tecnologías, específicamente la tecnología nuclear, las tecnologías genéticas y reproductivas o el complejo nuclear-militar. En la propuesta observacional delimitamos el *sistema tecnología*, como parte del *sistema societal*. El sistema tecnología ha funcionado como un subsistema especializado formalmente en la aplicación de la técnica y sobre la base del código binario: *benefactora/no benefactora* para el hombre, ya sea en los aspectos de ofrecer soluciones a los problemas o en los aspectos relativos a la ganancia económica. Esta operación básica que ha dado sentido a la técnica durante el siglo XX, ha servido para constituir los complejos técnico-industriales nuclear y militar en diversos países (cuadro 1).

Sistema Parcial	Problema central	Código central	Comunicación dominante
Científico	Conocimiento	Verdad / Falso	Teorías (métodos)
Técnica	Soluciones	Benefactora / No benefactora	Investigación (inversiones)
Tecnología	Aplicabilidad	Generación de beneficios / No generación de beneficios	Aplicabilidad (entorno)
	Direccionada	Sostenible / Insostenible	Emancipadora

**Cuadro 1.** Sistemas parciales funcionalmente vinculados con el subsistema científico  
Fuente: elaboración propia

El sistema tecnología puede ser dirigido desde el código hegemónico: *generadora de beneficios/no generadora de beneficios* hacia el código alternativo y emergente *sostenible/no sostenible*, como muestran estudios y propuestas específicas procedentes de centros de investigación aplicada, al mostrar que el código tradicional hegemónico de aplicación tecnológico ya está siendo superado por otro nuevo. El nuevo código permite dar respuestas a las demandas urgentes de un entorno ecológico y socialmente degradado. Se introduce un nuevo código binario que además permite entrar en el entendimiento epistemológico sobre lo que se entiende por desarrollo sostenible (figura 2).



**Figura 2.** Entendimiento comunicacional sistémico de entorno interno y externo de los subsistemas ciencia y tecnología  
Fuente: elaboración propia

Todos los sistemas y componentes sistémicos poseen a su vez carácter autopoietico, o sea, autorreferencial, al poseer la capacidad de crear sus propias comunicaciones y crear a su vez un entorno propio. Para el desarrollo sostenible en el ámbito local, esto significa que la aplicación de una tecnología específica está sujeta a una serie de decisiones provenientes de los otros sistemas, donde la administración local o municipal está sujeta a los cambios de estrategias políticas integradas.

La expansión de un subsistema dentro del sistema tecnológico afecta las capacidades selectivas de otros sistemas, puesto que “aumento de tamaño significa aumento de la selectividad y oportunidad de elección entre alternativas”<sup>8</sup>. En términos de su función, el sistema de derecho garantiza la aplicación de la ley de forma igual para todos los ciudadanos. Para ser útil a otros sistemas no jurídicos, tiene que revisar constantemente y producir nuevas leyes de acuerdo con los nuevos requerimientos de la sociedad. En la administración pública, este requerimiento se manifiesta al tener la función de realizar una gestión pública de calidad, eficiente y eficaz para todos los ciudadanos que la soliciten, mientras que para ser útil a los otros sistemas que no forman parte de la administración municipal, o de otro nivel de administración, debe proponer políticas públicas y acciones gubernamentales dirigidas a la población en situación de vulnerabilidad o de riesgo. La misma lógica aparece en el sistema ciencia en su especificidad tecnológica, al afectar al resto de sistemas.

La técnica y la tecnología y la aplicación práctica de esta última, se constituyen como un sistema simbólico, o sea, que crea sus propias comunicaciones y significados. Este sistema se enmarca en un entorno interno compuesto por el sistema administrativo, político y económico, cada uno de ellos con sus propios códigos. Estos tres sistemas –o subsistemas si se entienden en contexto mayor social- constituyen el entorno interno de sistema ciencia. Como entorno externo figuran el sistema jurídico, el socio-económico y la administración del Estado. El desarrollo acelerado de la técnica ha producido un cambio cualitativo y cuantitativo, de tal forma que se trata de un proceso autorreferencial, con lo cual el sistema ha adquirido un mayor grado de complejidad. El *sistema tecnología* esta estructuralmente compuesto por una serie de estructuras: la constante aparición de nuevas tecnologías, la especialización. Ello implica el desarrollo de procesos formativos y selectivos internos que además están directamente comunicados con los sistemas que los envuelven con demandas autorreferenciales procedentes de los sistemas político y económico.

### **Sistemas sociales autopoieticos y tecnología**

La teoría de sistemas autorreferenciales es una aportación teórica sobre la comprensión de la naturaleza de los sistemas, específicamente sus posibilidades y sus límites para la observación de las organizaciones y las instituciones como componentes del desarrollo sostenible. Como toda teoría no está libre

de controversias, al tener sus defensores y detractores. Definida por Habermas (1986) como una “tecnología social”, y por lo tanto rápidamente calificada de “conservadora” tanto en sus fundamentos como en uno de sus conceptos fundamentales, *la autopoiesis* (Bühl, 2000).

La autopoiesis o autorreferencialidad, constituye una de las ideas o paradigmas centrales del poder de generación de esta teoría, específicamente referente a los problemas explicativos derivados de la reducción de la complejidad (Willke, 2000; Vasconcelos, 2004). Por ello, consideramos de vital importancia la comprensión teórica del concepto y la exposición de sus posibles límites para la observación de los sistemas y subsistemas para la observación y comprensión de los procesos y la interrelación técnica con el desarrollo sostenible.

Con la Teoría de sistemas sociales autopoieticos no se trata tan sólo de la construcción de una teoría sobre las complejas sociedades avanzadas, sino también de un intento de interpretar los procesos de cambio que tienen lugar en todas las sociedades. Se trata de un concepto fundamental heterogéneo dentro de un marco teórico interdisciplinario aplicable a numerosos campos científicos como es el caso de la técnica. El marco distingue básicamente tres tipos fundamentales de sistemas autorreferentes, cada uno de los cuales se diferencia del otro a partir de su tipo de operación autopoietica y por la forma en que constituye su propio espacio de operación de la complejidad<sup>9</sup>. Para el objetivo que nos proponemos, las diversas teorías a las que referimos, permiten la observación y comprensión de la relación entre tecnología y entorno, que tenga como finalidad funcional el desarrollo sostenible.

1. *Teoría de los sistemas sociales.* Se abordan las condiciones generativas, estabilizadoras y generalizadoras de los sistemas sociales en relación con los problemas de la contingencia, la reducción de la complejidad y la diferenciación social. La perspectiva estrictamente funcional del desarrollo ha sido dominante durante décadas, y aún a pesar de críticas surgidas los conceptos citados constituyen un referencial teórico en las teorías del desarrollo. Actualmente son cuestionadas por estudios de carácter micro-social y antropológico sobre la función de los actores sociales y por las teorías de la gobernanza, es decir, la interacción sistémica entre la gestión administrativa gubernamental y la sociedad civil. La contingencia se refiere a la toma de decisiones frente a múltiples posibilidades para el direccionamiento de acciones y políticas. La idea de reducción de la complejidad esté presente en diversos ámbitos y escenarios sociales y ecológicos para permitir una mejor comprensión de las interacciones sistémicas (Funtowicz, 1991). Por último, la diferenciación social es la idea fundamental para el análisis empírico sobre el funcionamiento y evolución de los diversos subsistemas que componen las sociedades. Para la aplicación de técnicas sostenibles en particulara significa la comprensión de los obstáculos y la consideración de la interdisciplinariedad.

2. *Teoría de la diferenciación* de los sistemas sociales: fundamenta su análisis en el aumento de funciones de los sistemas. Con ello los sistemas incrementan también sus funciones especializadas y jerarquizadas al permitir distinguir los grandes niveles en la construcción sistémica: los sistemas interrelacionales, los organizativos y las sociedades. Cada uno de estos sistemas especiales cumple una función específica con las estructuras y operaciones autorreferenciales propias. Con la diferenciación funcional se desvanecen aspectos tradicionales del orden para ser sustituidos por instituciones, con los correspondientes códigos de inclusión y exclusión. Con la diferenciación del sistema jurídico, éste tiene consecuencias en la legislación para la implementación de reglamentaciones y tecnologías que pueden por ejemplo reducir la contaminación. Como ejemplo en Brasil hay que mencionar la ley que obliga a los municipios brasileños a disponer de áreas específicas para almacenamiento de residuos urbanos sólidos a partir del año 2014.

3. *Teoría de la construcción autopoietica* de los sistemas sociales, mediante la cual son abordados los problemas de autonomía sistémica, autorregulación, autoorganización, autorreferencialidad y reflexividad. Autorregulación y autorreferencialidad son condiciones para la supervivencia de las organizaciones. Las condiciones de la autoorganización son esenciales para la creación de sistemas autónomos frente a la colonización del sistema tecnocrático (Habermas, 1986). En este contexto de operacionalización y observación autopoietica surgen cuestiones: ¿son las técnicas sostenibles autorreferenciales? ¿Qué es una técnica sostenible para la comunidad? ¿Es una técnica sostenible también una técnica para el cambio social o desarrolla los mismos principios que las técnicas convencionales? La teoría luhmanniana no pretende ofrecer respuestas a estas cuestiones, pero sí que ofrece el marco observacional y conceptual con la *observación de segundo grado*.

4. *Teoría de la evolución y diferenciación* de los sistemas socioculturales, de la que se distinguen dos tipos de diferenciación del sistema sociedad. Primero, las sociedades segmentarias, fundamentadas en las relaciones entre *centro* y *periferia*, entre las que se encuentra la comprensión sistémica del sistema mundial, establece la idea de unos centros y unas periferias mundiales (Chesnais, 1996) y nacionales, estratificadas y diferenciadas en base a sus funciones y al papel diferenciado de las instituciones para impulsar o incluso frenar el desarrollo. Como ejemplo, la aplicación de estos últimos conceptos en la región de la Amazonia significa la observación de las relaciones de poder y la diferenciación de las funciones de los respectivos subsistemas científico y tecnológico, en los niveles (federal, estatal, regional, municipal) de la región.

5. *Teoría de la diferenciación funcional* que reconoce la emergencia de sistemas sociales parciales, como la familia, la formación, la ciencia, los valores, o la moral. La consideración teórica de la diferenciación funcional es decisiva para la observación empírica del diferente grado de desarrollo económico y social

de las sociedades. La observación de las relaciones e interconexiones sistémicas entre los respectivos sistemas y subsistemas permite establecer las causas y problemáticas bajos desarrollos municipal y regional. Como se ha expuesto en la figura 1, con la delimitación del sistema tecnología se establece la diferenciación de la técnica con los sistemas administrativo, económico y político.

Desde la perspectiva de la aportación de la Teoría de sistemas autorreferenciales para el desarrollo sostenible, es posible reconstruirla a partir un par de problemas centrales. El primer problema se refiere a la *complejidad*, en la que la relación sistema-entorno constituye una equivalencia funcionalista que permite la observación. El segundo problema es el concepto de *autopoiesis*, la cual está directamente enmarcada en las cuestiones de la observación relacionadas con la comunicación y con las relaciones de *acoplamiento* sistémico. En este ámbito se encuentra la observación de las relaciones persona-organización.

### **Sistema social y complejidad**

Los *sistemas sociales* se asemejan a sus elementos constitutivos, que son las comunicaciones, diferenciándose éstas en la forma en que son gestionadas. Los sistemas sociales por tanto corresponden a los sistemas que realizan su autopoiesis basándose en la comunicación. Luhmann (1998) propone considerar la sociedad como un sistema abierto adaptativo y provisto de autorregulaciones internas, o sea, con capacidad para hacer frente a las exigencias constantes del entorno. Igualmente Luhmann sugiere la idea de que un sistema posee una serie de características: a) se trata de un conjunto de componentes organizados y dotados de una función; b) establece una distinción entre sí y el entorno con la capacidad de reproducir esta distinción como base de su condición de sistema (autorreflexividad); c) el sistema varía, selecciona y estabiliza. A partir de la abstracción de sistemas, las instituciones que conforman los ámbitos económico, jurídico y político intervienen directa o indirectamente en la posibilidad de implementar transversalmente el desarrollo sostenible en las políticas públicas. Estos sistemas a su vez, están formado por subcomponentes sistémicos como son los procesos jurídicos, las acciones mercantiles y las interacciones políticas, y por otro lado, las normas jurídicas que regulan las transacciones del mercado y las leyes y normas constituciones que regulan el juego político. La tipología de sistemas está definida en la concepción de la sociedad, de la cual Luhmann diferencia tres niveles de sistemas sociales: *sistemas funcionales*, *sistemas de interacción* y *sistemas organizacionales*.

*Sistemas funcionales parciales diferenciados*, formados por el derecho, la formación, la ciencia y tecnología, la economía, la política o la religión. Se trata de sistemas especiales que en la sociedad cumplen funciones específicas, y corresponden a los sistemas a través de la operación de un código binario.

Con el paso del tiempo han conseguido generar estructuras propias, dando lugar a operaciones autopoieticas. La tecnología constituye un sistema funcional parcial cuyos códigos binarios pueden sintetizarse en *sostenible/no sostenible*, y cuyas operaciones autopoieticas se traducen en sus innovaciones constantes, sean o no necesarias y/o sostenibles.

*Sistemas de interacción.* Los sistemas de interacción corresponden a enlaces comunicativos, manteniéndose por un espacio de tiempo corto y desapareciendo cuando los enlaces acaban. Aparecen en toda la sociedad, aunque no se especializan funcionalmente. Poseen una serie de características que se enumeran a continuación: 1) se trata de sistemas propios aparejados a la diferenciación funcional, conformados por interacciones; 2) se trata de sistemas en la frontera de los sistemas funcionales y organizativos ya existentes. Luhmann expone como ejemplo las sesiones de un Tribunal, los congresos científicos, o grupos de proyectos en una empresa; 3) son sistemas transversales, como pueden ser la colaboración en los círculos de trabajo y proyectos; 4) se trata de interacciones fuera de los sistemas funcionales y organizacionales (movimientos espontáneos, grupos de autoayuda). La aplicación puntual de técnicas sostenibles puede ser entendida como un sistema de interacción.

*Sistemas organizacionales* u organizaciones –y también los sistemas de interacciones- surgen de la complejidad social de las sociedades actuales. Corresponden a la suma de sistemas de interacción, y orientan su comunicación a un fin específico. Desarrollan actividades para satisfacer metas específicas y muchas de las necesidades humanas, cumpliendo por tanto determinadas funciones en la sociedad. Los sistemas organizacionales (desde una visión integrativa) asumen funciones especiales (de diferente alcance) y se manifiestan principalmente en los límites de los sistemas parciales sociales con funciones específicas, tales como los Tribunales de Justicia, asociaciones no gubernamentales para el desarrollo, centros de investigación técnica para el desarrollo sostenible o núcleos de investigación especializados. Los sistemas organizacionales también se manifiestan de forma transversal, correspondiendo a diferentes sistemas del conflicto.

Para la comprensión del sistema tecnología y su interrelación con el sistema societal, la diferenciación sistémica en este sistema parcial aporta un instrumental conceptual para comprender y observar cuestiones relacionadas con la función de la formación y la innovación, o la función de las instituciones políticas e instituciones y agencias en el impulso del desarrollo desde una perspectiva de autoproducción institucional permanente. A partir de las consideraciones y definiciones expuestas, es posible adjudicar al sistema tres condiciones:

- La existencia de una clausura operacional. Se trata de la operación en la que solamente cuando un sistema logra su clausura y aislarse de su entorno, puede constituir una realidad diferente;





- La autorreferencia, según la cual el sistema remite sus operaciones a sí mismo (su estructura). Ello permite observar su entorno y a su vez realizar distinciones para seleccionar para lo que no está en capacidad estructural;
- La forma de la organización de sistema o autopoiesis como forma para la autoreproducción permanente. Esta operación permite al sistema prescindir de los impulsos provenientes del entorno.

Dos conceptos clave determinan el sistema social: *la complejidad y la contingencia*. La Teoría general de sistemas llama *complejidad* a la unidad de una multiplicidad, la cual puede ser aplicada a los “sistemas específicos, a su entorno, así como al sistema y entorno (mundo)”. La *complejidad* también puede incluir una abundancia excesiva de posibilidades y de conexiones entre los sistemas de las sociedades actuales, de tal forma que ya no nos es posible distinguir claramente todas las relaciones entre elementos. El reconocimiento de la complejidad y de los conceptos de *contingencia* y sentido para la técnica, significa orientar la toma de decisiones básicamente técnicas en función no solo de la resolución de un problema específico, sino su comprensión entre las múltiples posibilidades de desarrollo y aplicación. Significa también que cada subsistema debe reorientar sus comunicaciones y los consiguientes códigos.

La *contingencia* significa que las organizaciones han de tomar y priorizar una serie de decisiones constantemente destinadas a no perder su capacidad autorreferencial. El sentido es entendido como una “forma de inventario y de reducción de la complejidad”, “una representación simulada de posibilidades y realidades que en cada tema de las vivencias relaciona una remisión infinita a otras posibilidades y horizontes”, una forma inevitable de todas las vivencias de la acción que lleva a la complejidad y la selección.

### **Autopoiesis y sistema tecnológico**

El entendimiento de la autopoiesis de sistemas se enmarca en la diferencia entre evolución, comunicación y diferenciación, reducible a un código binario. Los códigos binarios sirven también para mantener la autopoiesis, al no ser posible garantizarla a través del entendimiento interno. Para ilustrar este aspecto, Luhmann se basa en el código deontológico de derecho –en este sentido similar al sentido dado por Habermas- y lo interpreta como un *subsistema social* que actúa por el código binario derecho/no derecho, excluyendo de esta forma posibles grados de valor. Mientras que en el *sistema jurídico*, el código binario es *legal-ilegal*, en el sistema de la técnica el código es *sostenible-insostenible*. Como subsistema del sistema político y administrativo, también se actúa a partir de comunicaciones, en este caso el código binario se puede reducir a: *existencia de políticas públicas-ausencia de políticas públicas*. Consideramos que efectivamente las respuestas o *ouputs* de los sistemas

aparecen en forma de códigos binarios, lo cual no significa que deba trasladarse este principio al entendimiento de la acción subjetiva de la conciencia de los seres humanos, al existir situaciones y respuestas que sobrepasan el estrecha lógica de pensamiento del código binario.

En la teoría de sistemas autorreferenciales, se cuestiona lo que se entiende por *comunicación*, pensada en la comprensión tradicional habermasiana, de la existencia de un emisor y un receptor. Luhmann por el contrario, la define tan sólo como “un elemento” que permite a la sociología enfocar el concepto de sociedad, constituida no por seres humanos sino por sistemas y subsistemas, de tal forma que llega a afirmar: “No es el hombre quien puede comunicarse, sólo la comunicación puede comunicar. La comunicación constituye una realidad emergente *sui generis*”, en la que desaparece el papel del individuo: “no existe la comunicación de conciencia a conciencia, ni entre el individuo y la sociedad” (Luhmann, 1997). Esta premisa ya indica la abstracción de cualquier referencia antropológica de la comunicación. Con ello, otorga a la comunicación un carácter autorreferente, o sea, con capacidad para producir sus propios significados, independientemente de emisores o receptores, que en este caso se reducen a un sistema. Con la comunicación se trata de un proceso autopoietico, puesto que no se trata de un producto o de una “materia”, por lo que no pueden existir ni emisores ni receptores de los mensajes, sino que “tiene participantes autónomos capaz de determinarse y reproducirse a sí mismos por medio de su encadenamiento selectivo” (Luhmann, 1984, p. 62). Se deriva que la comunicación tiene lugar a partir de *medios de comunicación simbólicos generalizados*, que siendo diferentes en cada sistema social son comparables entre sí por su carácter estructural. Los medios de comunicación simbólicos del sistema de derecho son diferentes de los del sistema político, y a su vez de los respectivos subsistemas. Dentro de la diferenciación que Luhmann realiza entre el sistema político, el sistema de técnica y el sistema económico, la comunicación se realiza a partir de códigos binarios que ayudan a reducir su complejidad.

El *acoplamiento (Kopplung)* en la teoría de Luhmann está relacionado con la sociedad moderna actual. Es definido como: “el sistema omnicomprensivo de todas las operaciones sociales (...) considera a la sociedad como un sistema abierto que tiende a la adaptación, provisto de autorregulaciones internas, por ejemplo, de índole cibernética” (Ibid., 1984, p. 400-401). Su propuesta es considerar la sociedad como un sistema abierto que se adapta y está provisto de autorregulaciones internas en la propia estructura reguladora, o sea, posee capacidad de organización efectiva. También se manifiesta en su capacidad para hacer frente a las exigencias constantes provenientes del entorno. Ejemplos de la autorregulación interna pueden considerarse la transformación del mercado de trabajo, la adaptación de las tecnologías a los cambios climáticos o sociales, las emisiones de CO<sub>2</sub>, las demandas o la transformación de las organizaciones en el contexto político administrativo.

#### **4. Conclusiones: la noción de “autopoiesis reflexiva”**

La comprensión de la autorreferencialidad sistémica en el sentido otorgado por Luhmann por sí sola no es suficiente para sentar las bases teóricas y conceptuales de la comprensión sistémica de un desarrollo sostenible. Mientras que responde a cuestiones fundamentales referentes a la dinámica y estructura de los sistemas o a la diferenciación social, ignora a su vez la comunicación subjetiva y las bases ontológicas del conocimiento, aspectos básicos para la comprensión del desarrollo sostenible, apuntadas por organismos internacionales (RDI, 2002; *Newsletter on the Human Dimension in Water Management*, 2003, entre otros), al ser el ser humano y la acción racional sigue siendo el centro de la construcción social.

Posteriores aportaciones desde la perspectiva de la “policontextualidad” y la “godelización”, abren una perspectiva y una nueva mirada a las tecnologías sociales configurándose las corrientes: análisis socio-técnico y redes técnico-económicas; el ensamble socio-técnico, políticas de la investigación científica y tecnológica (Bijker, 1995); la adecuación socio-técnica (Thomas, 2008) y la economía del cambio tecnológico, y las trayectorias tecnológicas. Estas áreas de conocimientos, aunque direccionadas al pensamiento interdisciplinar, muestran su incapacidad para incluir y comprender la acción subjetiva.

Los cambios paradigmáticos que han tenido lugar en la teoría de sistemas de Luhmann, y que pueden sintetizarse en: 1) el antiguo paradigma de todo/partes es remplazado por el de sistema/entorno, y 2) la teoría de sistemas abiertos pasa a ser la teoría de la autorreferencia. En este trabajo proponemos la idea del paso de una reducción de la comunicación autorreferencial no ontológica a una comunicación autorreferencial con un sentido basado en la conciencia intencional. En la operación luhmanniana, la autopoiesis es todo lo que acontece en el sistema como operación. La idea de autopoiesis reflexiva sigue esta tesis, aunque ampliándola con la percepción ontológica del sistema, o sea, referida al reconocimiento de la existencia del sujeto y su capacidad de pensamiento. Retomamos la idea original de autopoiesis de Maturana y Valera, atribuyéndole una semántica biológica, aunque con el objetivo de superar la diferencia de la diferencia los “seres vivos” representados en la autopoiesis de Maturana, de los “seres humanos”, centrándose exclusivamente en estos últimos. La noción de autopoiesis reflexiva que proponemos se desvincula pues de la idea original de los neurobiólogos, de su semántica biológica o “fenomenología biológica”. Ambas nociones establecen la diferenciación entre sistemas vivos y seres humanos, dotados estos de capacidad de pensamiento y en consecuencia de acción subjetiva racional, sin embargo, los limita a un tipo de pensamiento y de acción claramente conductivista. En la idea de autopoiesis reflexiva, el ser humano aparece no solo como un sistema vivo, sino que se trata de un ser con capacidad de pensamiento, que realiza sus

actos intersubjetivamente, en base a la acción y expectativas con otros sujetos. Toda acción contiene un sentido, y por lo tanto, el sujeto está dotado de conciencia que le diferencia del resto de los seres vivos.

Dos presupuestos teóricos refuerzan esta idea. Por un lado, las ideas y conceptos del interaccionismo simbólico, y por otro los de la sociología fenomenológica. El interaccionismo simbólico y en concreto de las ideas de Herbert Mead, y en especial el concepto del “self”, la distinción entre de la sociedad como realidad subjetiva y objetiva (Berger y Luckman) y la acción del actor (Herbert Blumer). Los actos surgen de la capacidad de pensamiento, y del “self” cuya descripción ofrece Mead en *Mind, Self and Society* (Espiritu, persona y sociedad) ([1934]1972). Mead no parte del supuesto de considerar a los individuos como sujetos sometidos a fuerzas o estructuras externas, sino que los sujetos poseen capacidad de acción y reacción, y disponen de la capacidad de pensamiento para decidir sus acciones de forma reflexiva. La capacidad de pensamiento reside en la mente, diferenciada de la existencia de un cerebro fisiológico. Estas ideas y conceptos expuestos permiten establecer una doble relación: la relación entre el pensamiento y sus estructuras, y establecer influencias recíprocas entre el pensamiento y las relaciones sociales.

La distinción que realizan Berger y Luckman en su análisis de las estructuras y las instituciones, entre de la sociedad como realidad subjetiva y objetiva (1967)<sup>13</sup>, muestra su perspectiva integradora sobre el carácter “dual” de la sociedad en términos de “factividad objetiva” y “significado subjetivo”. No obstante, el manifestar el término de dualidad en cualquier proposición, significa tener que realizar una decisión de carácter político, en favor o en contra de las dos posibilidades que se ofrecen. Consideramos reduccionista el tener que tomar la decisión, motivo por el cual optamos por proponer el término “biobservación” (Pont Vidal, 2014) inspirado con el “principio de complementariedad” propuesto originalmente en la física cuántica por Niels Bohr<sup>14</sup>. El asumir el término no significa tener que tomar la decisión por una u otra opción que esté supeditada a la subjetividad o a la objetividad de la acción de observación por parte del observador. Significa que el observador en el proceso de observación tomará simultáneamente en cuenta acciones de pensamiento, o incluso, asumiendo el citado principio, “sujeto y objeto están intrínsecamente mezclados”. El observador se encuentra simultáneamente en un mismo plano, en un mismo espacio temporal y sometido a una superposición de la factividad objetiva simultáneamente, determinada por las estructuras hegemónicas e imperantes en la sociedad, ya sean en el ámbito cultural como académico y científico, y el plano o ámbito subjetivo de los significados, y por lo tanto propios del observador. El espacio temporal de la superposición se basa en la idea del principio de la incertidumbre cuántica, o sea, la teórica necesidad pero imposibilidad de conocer las fuerzas que actúan sobre cada objeto y las condiciones iniciales (la velocidad y la posición inicial del objeto). En el momento de la superposición, el observador realiza la operación de la

autorreferencialidad, no en un sentido de cambio interno de estructuras, sino en un sentido de la autoobservación psicológico del *self* (Mead) en el que observador autoobserva su *self*, que significa una observación de su propia posibilidad de observación. En la noción de biobservación que presentamos, la superposición se manifiesta en la posibilidad dialéctica del observador de observar el mismo fenómeno con una factividad objetiva o con una subjetividad de significados, según se adelante o retroceda en cada paso y establecer una síntesis en lugar de la dualidad de perspectivas, puesto que se trata en definitiva de una misma perspectiva

Entendemos a los actores como sujetos que definen activamente sus situaciones, puesto que el ser humano orienta sus actos hacia las cosas en función de lo que estas significan (Blumer, 1969) 15. La sociología fenomenológica específicamente de las ideas sobre el “mundo de la vida” formuladas por Alfred Schütz<sup>16</sup> constituye el otro fundamento teórico en el que se apoya. El mundo puede entenderse desde las actitudes simples a otras más complejas, o sea, desde el mundo natural de las vivencias pre-categoriales hasta la actitud trascendental. Schütz parte de la idea de establecer una diferencia entre la actitud lógica y teórica que caracteriza las ciencias naturales a una actitud comprensiva característica de las ciencias humanas, en base al concepto weberiano de “Verstehen” (comprensión). Se trata de una actitud intuitiva y subjetiva para alcanzar en el ámbito científico la primacía de la verdad objetiva.

La descripción de la idea a partir de los principios que sustentan estas ideas, la realizaremos sobre lo que entendemos por “intersubjetividad” y “capacidad de pensamiento”, como premisas para la descripción y comprensión de la noción de “biobservación”.

La teoría de la autopoiesis elaborada por Luhman, constituye un potente instrumento de observación del subsistema del desarrollo sostenible. Específicamente, conceptos como el acoplamiento de sistemas con el entorno, basados en comunicaciones de decisiones aportan para el desarrollo sostenible la observación del subsistema tecnología, las relaciones con la comunidad y el proceso de toma de decisiones para su implementación. La relación entre sistema y entorno no se trata tan sólo del resultado de un acoplamiento estructural o de un acoplamiento resultado de la doble contingencia. Se trata de un proceso de acoplamiento en el que las comunicaciones no pueden ser entendidas tan sólo como comunicaciones abstractas desprovistas de cualquier connotación antropológica, sino que se basan en el lenguaje realizado por sujetos.

La noción de autopoiesis reflexiva propuesta contribuye a superar las limitaciones expuestas para las observaciones del “desarrollo sostenible” en el que intervienen comunicaciones y acoplamientos procedentes de subsistemas como la política, acciones individuales y colectivas, decisiones, riesgos, efectos, necesidades,

además de los procesos de entropía y sintropía, en los correspondientes entornos en los niveles micro, meso y macro. El aceptar esta lectura cualitativamente nueva de la autopoiesis significa reconocer la centralidad no de las comunicaciones abstractas sistémicas, sino la centralidad de la comunicación lingüística realizada por el ser humano en su proceder cotidiano. Significa en definitiva reconocer un giro cualitativo en la comprensión autorreferencial sistémica entre: sistemas vivientes, sistemas psíquicos, y como consecuencia de ambos, la capacidad de pensamiento humano y la acción racional.

La observación del entorno se produce a partir de su adecuación, o sea, de la aportación de demandas procedentes de las comunidades, y de las correspondientes políticas públicas o de investigación que surgen de los respectivos subsistemas. El subsistema tecnología no puede observar las comunicaciones que se producen en el sistema económico, puesto que opera con códigos: *pago/no pago*). En el subsistema tecnología para ser dirigida del código hegemónico: *generadora de beneficios/no generadora de beneficios*, para el código alternativo y emergente *sostenible/no sostenible*, como tampoco puede crear “estructuras de irritación”. Según Luhmann, se produce un desfase estructural, al utilizar la crisis ambiental planetaria o la falta de capital intensivo que necesitan las tecnologías tradicionales para interpretarlas con valores procedentes de ellas como relevantes para las comunicaciones decisionales. Sin embargo, para poder establecer un *acoplamiento estructural* el subsistema tecnología ha de crear “estructuras con expectativas” que lo sensibilicen a determinadas “irritaciones”. Estas estructuras se concretan en las comunicaciones y acciones llevadas a cabo.

Para el desarrollo sostenible, entendido en un contexto de complejidad e incertidumbre, significa establecer comunicaciones con otros subsistemas: ciencia y tecnología, políticas tecnológicas, políticas ambientales, intereses públicos y privados, en diferentes niveles. Como niveles nos referimos a: el ser humano (significación subjetiva), las relaciones que se establecen entre las instituciones, la tecnología y la comunidad (nivel meso) y la dependencia de políticas ambientales e inversiones en tecnologías sostenibles en el contexto de toma de decisiones gubernamentales (facticidad objetiva consensuada). El acoplamiento estructural es el resultado de una relación no causal entre el sistema y el entorno, como único tipo de relación entre ambos. En el caso del subsistema de la tecnología, a partir de su clausura operativa, reproduce elementos a partir de sus propios constituyentes y como ejemplo cabe mencionar la búsqueda constante de nuevas tecnologías y de nuevos campos de aplicación a partir del principio de sostenibilidad.

## Referencias bibliográficas

**ARNOLD, M. Y OSORIO, F.** (1998). Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio, n. 4.

**BFS** (1999). Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz: Materialien für ein Indikatorensystem: Eine Pilotstudie unter Verwendung der Methodik der Kommission für nachhaltige Entwicklung der UNO. Neuchâtel, Switzerland: Bundesamt für Statistik.

**BANSEN, G. Y FRIEDRICH, K.** (1987). "Sozialorientierte Technikgestaltung - Realität oder Illusion? – Dilemmata des Ansatzes", en Bansen, G., Friedrich, K. (Hrsg.). Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Berlin.

**BERGER, P. Y LUCKMANN, T.** ([1967]1988). La construcció social de la realitat. Un tractat de sociología del coneixement, Barcelona: Herder.

**BIJKER, W.E.** (1995). Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs; Toward a Theory of Sociotechnical Change. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

**BOHR, N.** (1963). Atomic Physics and Human Knowledge, Nova York: Willey.

**BORNER, K.; SANYAL, S.; VESPIGNANI, A.** (2007). "Network science", Annual Review, of Information Science and Technology, v. 41, p. 537-607.

**BOSEL, H.** (1999). Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications: International Institute for Sustainable Development.

**BLUMER, H.** (1937). Symbolic Interaccionism. Perspective and Methods. Nova Jersey.

**BRAND, K.-W. Y JOCHUM, G.** (2000). Der deutsche Diskurs zu nachhaltiger Entwicklung: Münchner Projektgruppe für Sozialforschung e.V.

**BÜHL, W.** (1987). "Grenzen der Autopoiesis", Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, n. 39, p.225-254.

**CARRERA, E. Y DE FELIPE, J.J.; SUREDA, B. EDS.** (2006). II International Conference on Sustainability Measurement and Modelling. 5-6 november. Terrassa, UPC.

**CHESNAIS, F.** (1996). A mundialização do capital. Rio de Janeiro: Xamã editora.

**CUELLO, C. Y DURBIN; P.** (s.f.). Desarrollo Sostenible y filosofía de la tecnología. Sala de lectura CTS+I de la OEI para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/tef02.htm>> [consulta: 20 febrero, 2009]

**DE FELIPE, J.J.; SUREDA, B. Y CRUZ, I.** (2008). Informe de Sostenibilitat a Catalunya. Generalitat de Catalunya, Barcino Solucions Gràfiques.

**DOMINGUEZ MARTIN, R.** et al. (2012). "La dimensión subjetiva en el estudio del desarrollo humano", Revista Iberoamericana de Estudios de Desarrollo, vol. 1, p. 103-113.

**DOSI G.** (et al.) (1988). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter. Nueva York, Columbia University Press.

**FAUCHEUX, S; O´CONNOR, M.** (1997). "Cambio tecnológico, sostenibilidad ecológica y competitividad industrial", en Universitat Politècnica de Catalunya (ed.). *¿Sostenible?* Barcelona: Icaria, p. 148-175.

**FAUCHEUX, S. Y SCHEMBRI, P.** (1995). The implications of the "Endogenization" of Technical Change in the Implementation of Sustainable Development. Documento trabajo, Wuppertal, Economía Socioecológica, mayo.

**FUNTOWICZ, S.O.** et. al. (1998). "Challenges in the Utilisation of Science for Sustainable Development", *International Journal of Sustainable Development*, 1(1), p. 99-108.

**GALLOPÍN, G.C.** (1999). "Generating, Sharing and Utilizing Science to Improve and Integrate (Oceans) Policy", Número especial: "Science and Sustainable Development", *The International Journal of Sustainable Development* 2(3): 397-410.

**GALLOPÍN, G.C.** (2003). "Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Secretaria medio ambiente y desarrollo", n. 64. División de desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL. Santiago, Chile.

**GALLOPÍN, G.C.** (2006). Indicadores de desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. Boletín de la División de desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL, Santiago, Chile.

**HABERMAS, J.** (1987). *Teoría de la Acción Comunicativa. Racionalidad de la acción y racionalización social*, vol II. Madrid: Taurus.

**HALFMANN, J.** (2002). "Wissenschaft, Methode und Technik. Die Geltungsüberprüfung von wissenschaftlichem Wissen durch Technik", Engel, Ch., Halfmann, J.;Schulte, M. (Hrsg.), *Wissen, Nichtwissen, unsicheres Wissen. Disziplinäre und interdisziplinäre Annäherungen*. Baden-Baden: Nomos.

**ICSMM.** II International Conference on Sustainability Measurement and Modlling, Universitat Politècnica Catalunya, Càtedra Unesco en Tecnologia, Desenvolupament Sostenible, Terrassa, 2009.

**JANTSCH, E.** (1980). *The Self Organizing Universe*. New York: Pergamon Press.

**JILIBERTO, R.** (2002). "Modelos contingentes de conocimiento para la toma de decisión en medio ambiente. Desarrollo en economía ecosistémica", *Revista Instituciones y Desarrollo*, p. 235-264.

**KOPFMÜLLER, J.; BRANDL, V.; JÖRISSEN, J.; PAETAU, M.; BANSE, G.; COENEN, R.; GRUNWALD, A.,** (2001). *Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Global zukunftsfähige Entwicklung. Perspektiven für Deutschland*, Bd. 1. Berlin: Edition Sigma.



**LEFF, E.** (1994). Ecología y Capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable. Siglo XXI-UNAM: México D.F.

**LIPPUNER, R** (2011). "Gesellschaft, Umwelt und Technik: Zur Problemstellung einer 'ökologie sozialer Systeme'", Soziale Systeme, 17, H. 2.

**LUHMANN, N.** (1984). Soziale Systeme. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag.

**LUHMANN, N.** (1997). Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt a.M. Suhrkamp.

**LUHMANN, N.** (1997). Organización y decisión. Autoepoiesis, acción y entendimiento comunicativo. Trad. Darío Rodríguez Mansilla. Barcelona: Anthropos.

**MARTÍNEZ-DÁVILA, J.P.** (2010). "La autoepoiesis social del desarrollo rural sustentable", en Interciencia, vol.35, p.223-229.

**MATURANA, H. Y VALERA, F.** (1980). Autoepoiesis and Cognition: The Realization of the Living, vol. 42, Boston Studies in the Philosophy of Science. Reidel Publishing Company.

**MATURANA, H. Y VALERA, F.** (1984). El árbol del conocimiento. Bases biológicas del entendimiento humano. Chile: Editorial Universitaria.

**MAUERHOFER, VOLKER** (2008). "3-D Sustainability: An approach for priority setting in situation of conflicting interests towards a Sustainable Development", Ecological Economics, n. 64.

**MAY, P.** et. al., (2005). Instrumentos Económicos para o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia brasileira: experiências e visões. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: Secretaria de Coordenação da Amazônia.

**MESAROVIC, M.** (1997). Desarrollo sostenible y primeras necesidades Del hombre: valoración integrada vs. Modelo integrado. Universitat Politècnica de Catalunya (ed.) ¿Sostenible? Barcelona: Icaria, p.68-88.

**OOSTERLAKEN, I.** (2010). "Diseño de tecnología para el desarrollo humano - un enfoque de capacidades", en Tecnología para el Desarrollo Humano, Ayuda Humanitaria y Emergencias. Actas de las jornadas. 7 y 8 de mayo de 2009. Edit. Centro de Cooperación al Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

**PÉREZ, C.** (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. Seminario: "La Teoría del Desarrollo en los Albores del Siglo XXI". CEPAL, Santiago de Chile, 28 y 29 de agosto, Caracas.  
<<http://www.eclac.cl/mujer/noticias/noticias/0/8260/CarlotaPerez.pdf>> [consulta: 10 mayo, 2004]

**PONT VIDAL, J.** (2012). "Teoría de la decisión: proceso de interacciones o organizaciones como sistemas de decisiones", Cinta de Moebio, Santiago de Chile, n. 44, p. 136-152.

**PONT VIDAL, J.** (2014). "Hacia una autopoiesis reflexiva", en edición.

**RED IBEROAMERICANA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (REDDes)**  
<<http://www.reddes.org/portal/>> [consulta: 18, enero, 2013]

**SCHIMMEL, J.** (2009). "Development as Happiness: The Subjective Perception of Happiness and UNDPD's Analysis of Poverty, Wealth and Development", *Journal of Happiness Studies*, 10(1), p. 93-111.

**SCHÜTZ, A.** (1979). *Fenomenología e relações sociais: textos escolhidos*, Rio de Janeiro: Zahar.

**THOMAS, H.** (1999). *Dinâmicas de inovação na Argentina (1970-1995) Abertura comercial, crise sistêmica e rearticulação*, Tesis Doctoral en Política Científica y Tecnológica, UNICAMP, Campinas.

**THOMAS, H.** (2008). Estructuras cerradas vs. Procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico, en Thomas, H. y Buch, A., (coords.) Fressoli, M. y Lalouf A. *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*, UNQ, Bernal, p. 217-262.

**VALERA, F.** (2003). *Autopoiesis y una Biología de la Intencionalidad*. Traducción por Xabier Barandiaran. <<http://www.sindominio.net/~xabier/textos/traducion/varela.pdf>> [consulta: 5, agosto, 2009]

**VASCONCELOS, E.** (2004). *Complexidade e pesquisa interdisciplinar. Epistemologia e metodologia operativa*. Petrópolis: Vozes.

**VEENHOVEN, R** (2010). "Capability and happiness: Conceptual difference and reality links", *Journal of Socio-Economics* 39(3), p. 344-350.

**WALKER, B.** et al. (2002). *Resilience management in Social-ecological System: a Working Hypothesis for a Participatory Approach*.

**WESTPHALEN, R.G. V.** (1997). *Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe*, München/Wien.

**WIENER, N.** (1988[1950]). *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Da Capo Press.

**WILLKE, H.** (2000). "Wissen als Produktionsfaktor. Zur unternehmerischen Relevanz des Wissensmanagements", *Facultad de Sociología, Universidad de Bielefeld*.

**WORLD BANK** (2003). *World Development Report 2003: Sustainable Development in a Dynamic World*, Chapter, 2, World Bank, Washington, p. 13-35.