



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

**IDENTIFICACIÓN DE FUNCIONES DE UN
SISTEMA DE INNOVACIÓN PARA LA
SOSTENIBILIDAD A PARTIR DE LOS SISTEMAS
COMPLEJOS ADAPTATIVOS**

**IDENTIFICATION OF INNOVATION SYSTEM'S
FUNCTIONS FOR SUSTAINABILITY STARTING
FROM COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS**

Carlos Humberto Contreras Ferrer

Fundación ALUNA: Ciencia y Tecnología para el Planeta, Colombia

Rodrigo Arce Rojas

Universidad Nacional de Ingeniería , Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i2.11158

Identificación de Funciones de un Sistema de Innovación para la Sostenibilidad a Partir de los Sistemas Complejos Adaptativos

Carlos Humberto Contreras Ferrer⁸

carlos.contreras@oruga.com.co

<https://orcid.org/0009-0002-7473-6283>

Ingeniero Químico

Maestría en ingeniería Industrial

Director Fundación ALUNA:

Ciencia y Tecnología para el Planeta

Bucaramanga – Colombia

Rodrigo Arce Rojas

rarcerojas@yahoo.es

<https://orcid.org/0000-0003-0007-7174>

Ingeniero Forestal

Doctor en Pensamiento Complejo

Profesor en la Universidad Nacional de Ingeniería
y Universidad Ricardo Palma

Lima – Perú

RESUMEN

Atendiendo a los retos que la sociedad tiene frente al concepto de sostenibilidad, es importante concebir las dinámicas de innovación y aplicación del conocimiento de una manera diferente, pues éstas se originaron en el paradigma de la competitividad. Bajo este marco, el objetivo de este artículo es plantear funciones que se deben desarrollar en un sistema de innovación de cara a las exigencias de condiciones sociales y ambientales. Para hacerlo, este artículo de revisión toma como lente de análisis el concepto de sistemas complejos adaptativos. A partir de éste, se hace una revisión tanto del concepto de sostenibilidad como de funciones que se han planteado en la literatura para los sistemas de innovación. Como resultado se obtuvo la identificación de funciones básicas y funciones especializadas en un sistema de innovación para que con éstas se fortalezca la sostenibilidad de los territorios.

Palabras claves: sostenibilidad, sistemas de innovación, sistemas complejos adaptativos

⁸ Autor principal

Correspondencia: carlos.contreras@oruga.com.co

Identification of Innovation System's Functions for Sustainability Starting from Complex Adaptive Systems

ABSTRACT

Considering the challenges that society faces with sustainability, it is important to conceive the dynamics of innovation and application of knowledge in a different way, since they originated in the paradigm of competitiveness. Under this framework, the objective of this article is to propose functions that must be developed in an innovation system, considering the challenges of current social and environmental conditions. To do so, this review article takes the concept of complex adaptive systems as its analysis lens. From this, a review is made of both the concept of sustainability and the functions that have been proposed in the literature for innovation systems. As a result, the identification of basic and specialized functions in an innovation system was obtained, which will be useful to pursue sustainability in the territories.

Keywords: *sustainability, innovation systems, complex adaptive systems*

*Artículo recibido 28 marzo 2024
Aceptado para publicación: 27 abril 2024*



INTRODUCCIÓN

Incentivar la innovación y promover el desarrollo sostenible son temas que toman protagonismo en la agenda internacional. En este contexto, se ha establecido la necesidad de mejorar las prácticas de producción y consumo, y así disminuir el impacto que las industrias están teniendo en el medio ambiente (Naciones Unidas, 2015). Esta preocupación proviene del llamado de distintos sectores sociales, en donde se ha hecho visible las consecuencias ambientales de un uso desmedido de los recursos. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018).

Ante esta nueva necesidad de transformar criterios de producción y hábitos de consumo, el desarrollo de nuevas herramientas de análisis de cómo funciona la sociedad son útiles para guiar los procesos de cambio. En esta intencionalidad, el concepto de sistemas de innovación ha presentado ventajas para establecer relaciones prácticas entre el conocimiento y el desarrollo económico en contextos dados. No obstante, la problemática que se identifica es que los sistemas de innovación se concibieron desde el paradigma de la competitividad, razón por la cual pueden tener limitaciones a futuro para obrar con eficiencia en un contexto de sostenibilidad. Para avanzar en una concepción más integral de los sistemas, aparece la pregunta *¿cuáles deben ser las funciones para tenerse en cuenta en un sistema de innovación que apunte hacia la sostenibilidad?*

Para encontrar respuestas, se decide observar los sistemas de innovación desde el enfoque de “sistemas complejos adaptativos”, lo cual permite abarcar un amplio número de interacciones y dinámicas, identificando factores de autorregulación y adaptación sostenibles en el tiempo. Estos elementos proporcionan una visión general e integrada de funciones que deberían llevarse a cabo de manera orgánica en los sistemas de innovación para que estos se relacionen con la sostenibilidad.

Teniendo en cuenta lo expuesto, el objetivo de este artículo es presentar un marco conceptual de sistemas de innovación, no desde sus orígenes basados en la competitividad, sino desde la intencionalidad futura, la cual debería ser contribuir a la sostenibilidad. Este cambio de paradigma requiere de una mirada diferente y para hacerlo, se usa como marco conceptual la complejidad y más específicamente el concepto de sistemas complejos adaptativos, desde el cual se podrán identificar “funciones relevantes” de un sistema de innovación orientado a la sostenibilidad. Para la presentación de este modelo, primero se expone una visión de sostenibilidad que sirve de orientación para el



enfoque del sistema. Hecho esto, se comparte un concepto general de “sistema complejo adaptativo”. Desde allí se plantean las funciones a realizar por el sistema usando una clasificación que presenta dos ramas: a) “funciones básicas”, atribuibles a cualquier sistema de innovación e independiente del contexto territorial en donde cual éste se desarrolle y b) “funciones específicas”, atribuibles a un sistema orientado a la sostenibilidad en donde dependiendo del contexto y bajo la premisa de un conexión armoniosa del conocimiento con las condiciones ambientales, sociales y económicas, estas funciones deben tomar formas específicas. Por último, se presentarán conclusiones.

METODOLOGÍA

Los resultados obtenidos son producto de un análisis de información a partir del lente de “sistemas complejos adaptativos. Se parte de una revisión descriptiva en donde se proporciona una actualización sobre conceptos útiles en dos áreas que se convierten en los pilares de la reflexión a usar y en donde cada uno se mantiene en continua evolución: sostenibilidad, sistemas de innovación. Para hacerlo, se hace una búsqueda de artículos en los tres conceptos mencionados a partir de las siguientes ecuaciones de búsqueda para garantizar la proximidad de los términos clave:

- 1) TITLE-ABS-KEY (“innovation systems” AND “sustainability”).
- 2) TITLE-ABS-KEY (“innovation systems” AND “complex adaptive systems" AND "sustainability")

Esta búsqueda se realizó en Scopus, Web of Science y Sci-ence Direct concentrándose en el período 2005-2022, dándole prioridad a los artículos de los últimos cinco (5) años. La búsqueda dejó un total de 134 artículos que sirvieron de base para el análisis realizado. Sobre los artículos encontrados se hace una selección a partir del criterio “concepción de sistema” el cual hace referencia a la posibilidad de encontrar componentes y funciones concretas relacionadas con el fortalecimiento de dinámicas innovadoras ya fuera para la sostenibilidad o para la competitividad. En complemento se tuvo en cuenta el criterio “concepción de sostenibilidad” que le permite dar prioridad a funciones en procura del desarrollo sostenible. De esta selección se definió un total de 48 artículos que presentaban funciones de un sistema de innovación.

A partir de la revisión realizada se plantean los conceptos que son útiles para definir las funciones de un sistema de innovación orientado hacia la sostenibilidad. En esta vía, primero se muestra el concepto orientador, que es sostenibilidad. Luego se presenta el concepto de “sistema complejo



adaptativo” que brindará elementos concretos que han de permear un sistema de innovación. Finalmente, el concepto de “sistema de innovación” será mostrado, el cual es el objeto por redefinir. Es este sistema el que ha de tener funciones básicas y específicas que contribuyan al objeto final de la sostenibilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El concepto orientador de sostenibilidad

Cuando se piensa en sostenibilidad la aproximación más utilizada suele ser la acuñada por la Asamblea de las Naciones Unidas (1987) en el Informe de la Comisión Bruntland, en donde se proclama el interés por atender las necesidades actuales de la sociedad sin comprometer a las generaciones futuras. Aunque el concepto de sostenibilidad revisado es una definición comúnmente utilizada por su condición global, para efectos de encontrar funciones de un sistema de innovación, éste, tal como se muestra, no plantea elementos concretos que hagan posible la definición de acciones concretas para que la innovación se potencie en función de la sostenibilidad. Rodríguez (2009:23) expone una definición operacional que deja ver aspectos más concretos y útiles en el momento de orientar un sistema de innovación, desde sus funciones, hacia el propósito de la sostenibilidad. Él plantea la sostenibilidad como *“el mantenimiento de la capacidad de carga de los ecos y geosistemas, o sea, la capacidad de la naturaleza para absorber y recuperarse de las agresiones antrópicas, y de soportar una capacidad productiva acorde con su aptitud natural.”*

Desde esta perspectiva, se plantea el desarrollo social ligado innegablemente a las condiciones de ecos y geosistemas, lo cual la brinda elementos de complejidad a la sostenibilidad para su comprensión y búsqueda. Es decir, la sostenibilidad ha de concebirse desde un lente de complejidad que lleva a pensar que ante los retos existentes no hay soluciones lineales o predeterminadas para atender situaciones concretas, y mucho menos, hay condiciones homogéneas, más cuando lo que se está en permanente construcción es la relación de largo plazo entre la sociedad y la naturaleza. Sumado a lo anterior se tiene en cuenta el concepto de sostenibilidad de Ben-Eli (2015;3), quien se refiere a la sostenibilidad como *“...lograr un equilibrio dinámico en el proceso de interacción entre una población y la capacidad de carga del entorno, en el que la población se desarrolla para expresar su*



máximo potencial sin producir efectos adversos e irreversibles sobre la capacidad de carga del entorno del cual depende”.

Esta definición brinda elementos para identificar funciones y actores más claros, ya que las interacciones se basan en un equilibrio en el presente entre sociedad y ambiente, y este puede ser sostenido en el tiempo. Además, brinda la ventaja de que no se trata de garantizar los recursos a futuras generaciones, sino que se trata de estar en equilibrio, reconociendo su dinamicidad, entre las necesidades y recursos en el presente, y que esto sea una práctica sostenible en el tiempo.

Para entender la visión multidimensional, Ben-Eli (2015) propone cinco principios en los que encapsulan los elementos y funciones claves que deben estar presentes al pensar en desarrollo sostenible. Estos giran alrededor de los siguientes elementos: a) buen manejo de la entropía y el flujo de recursos, b) un sistema de contabilidad apropiado que armonice la economía con los procesos ecológicos del planeta, c) una garantía de la diversidad esencial de todas las formas de vida en la biósfera y abandonando una posición antropocéntrica; c) una ampliación de los grados de autorrealización de los seres humanos y e) una conciencia de la continua dinámica del misterio, la sabiduría, el amor, la energía y la materia.

Elementos de un Sistema Complejo Adaptativo

Expuesto el concepto de sostenibilidad y ampliado éste con el fin de identificar los requerimientos que el mismo plantea, es importante profundizar en el concepto de sistema complejo adaptativo ya que es desde aquí donde se propone fortalecer el concepto de sistema de innovación. Esto es importante porque si el fin que se quiere alcanzar, el cual es la sostenibilidad, se comporta de manera compleja y adaptativa, entonces cualquiera que sea el instrumento que se esté estudiando para afrontarla – en este caso los sistemas de innovación – también deben contar con esa característica de complejidad y adaptación. La complejidad puede ser entendida como un método, una cosmovisión y una ciencia, y cada una de estas aproximaciones acarrea una vasta interpretación epistemológica y filosófica de la conceptualización y desarrollo de la complejidad (Rodríguez y Aguirre, 2011). Para efectos del presente texto, se hará una mirada desde el pensamiento complejo en donde la complejidad se plantea como ciencia y método (Maldonado 2007), lo que indica una mirada diferente que se podría obtener cuando se usa la complejidad como marco filosófico de análisis, tal cual lo sugiere Edgar Morin. Lo



anterior se asume de esta manera ya que el enfoque de Maldonado permite encontrar elementos concretos para la conceptualización de los sistemas de innovación y especialmente, como lo plantea Maldonado (2014), con una filosofía del tiempo (pensando en futuro) y considerando una filosofía social, cultural y política. Estos aspectos de “pensamiento de futuro” y de considerar los contextos sociales de desarrollo, son determinantes para la concepción concreta de funciones de los sistemas de innovación.

Partiendo de esta aproximación, es importante usar el concepto de sistemas complejos adaptativos para explicar y comprender cómo diversos agentes, realizando diferentes funciones, se combinan colectivamente para formar propiedades emergentes a nivel global. Para esto, Castillo y Velázquez (2015) exponen que el enfoque de sistemas complejos adaptativos asume una interdependencia de los sistemas sociales con los sistemas ecológicos y con realimentaciones entre ellos. Así mismo, estos sistemas tienen comportamientos no lineales, con diferentes niveles y una autoorganización que debe llevar a cambios impredecibles.

Con esto, establecen condiciones especiales de comportamiento de los sistemas complejos. Entre estas, la adaptabilidad que es la aparición de propiedades emergentes en respuesta al cambio de condiciones del entorno y a la capacidad misma de autoorganización.

Para identificar un sistema como complejo adaptativo, Carmichael y Hadžikadić, (2019) señalan tres propiedades claves frente al comportamiento de los elementos en el sistema, puestos estos dentro de unos límites establecidos. Primero, las interacciones que se presentan dentro de éste deben tener realimentación en más de un nivel de interacción. El segundo, se deben demostrar propiedades de auto-organización y regulación, el cual puede empezar con cambios de elementos específicos, siguiendo sus propias reglas y con el tiempo, afectando las reglas de todo el sistema. Tercero y último, el sistema debe producir dinámicas no lineales de comportamiento, esto significa que la toma de decisiones no requiere una autoridad del gobierno central.

Sobre los Sistema de Innovación

Bajo el marco anterior se hace ahora una aproximación específica a sistemas de innovación, con la intencionalidad posterior de hacer una relación entre sistemas de innovación con sistemas complejos adaptativos y a partir de aquí, plantear funciones en donde la innovación lleve a la sostenibilidad. En



términos generales un sistema puede ser entendido como la interacción entre componentes funcionando hacia un objetivo común y esto es posible debido a las funciones que ejercen los actores involucrados (Carlsson y Stankiewicz, 1991). Teniendo esto en cuenta, es posible orientar el análisis hacia los sistemas de innovación, que son sistemas sociales, a partir de diversidad de aproximaciones, las cuales también pueden ir desde concepciones generales hasta específicas tal y cual se señala a continuación.

Jacobides *et all* (2018) distinguen tres tipos de sistemas aplicables al desarrollo de los sectores productivos y que podrían estar relacionados con la innovación. El primero de ellos es denominado “*Sistemas empresariales*”, y cuya característica es que, si bien articulan diferentes organizaciones, el objeto de trabajo se genera bajo la visión unitaria de una empresa, y su meta en esencia es capturar valor para lo cual desarrollan redes funcionales de adquisición y transferencia de productos y servicios. El segundo concepto es el de “*Sistema Plataforma*”, que como su nombre lo indica, plantea un lugar común en donde diferentes actores se encuentran, trayendo consigo sus propios intereses de desarrollo. Aquí a diferencia del primer concepto, no existe un “nodo principal” sobre el cual gira toda la acción, sino que ya se asoma una intencionalidad de integración de intereses que han de concertarse. Finalmente, este el concepto de “*sistema de innovación*” que se centra no en la captura de valor, sino en la generación de valor, lo cual indica acciones no de tipo cotidiano sino de generación y aplicación de conocimiento buscando nuevos productos o servicios para la sociedad. En este planteamiento final, la aplicación de conocimiento en búsqueda de la novedad ya es totalmente evidente y el planteamiento de “generación de valor” aunque aún termina apuntando al económico, ya puede ampliarse en su aplicación final.

Esta última tipología de innovación, enfocada en la creación de valor, conlleva distintas ramificaciones según el tipo, uso y mercado de la innovación, Esto permite que se le pueda mirar desde el enfoque de un sistema dinámico y adaptativo acorde a Boyer (2020). Desde aquí, se pueden concebir relaciones complejas (formales, informales, orgánicas o institucionales) entre un conjunto heterogéneo de actores, realizando distintas actividades, desempeñando diferentes roles y teniendo diversas motivaciones y capacidades. Todo lo anterior en contribución al desarrollo de innovaciones



de diferente tipo ya fuesen organizacionales o tecnológicas, así como también de producto, proceso o servicio.

Teniendo esto en cuenta, Boyer (2020) identifica tres formas de clasificar los sistemas de innovación según su aplicación y estructura. La primera, reconocida como plataformas o ecosistema digital, concebido como un espacio abierto de colaboración construido a partir de varios actores reunidos en torno a una empresa particular. El segundo, ecosistemas regionales/locales, en donde la proximidad geográfica es clave y genera distinción niveles de interacción y finalmente el de ecosistemas industriales, que buscan la existencia de un sistema industrial perfecto para lo cual se requiere de una colaboración heterogénea de los actores de innovación en donde como característica, se promueven los esquemas de producción para reducir su impacto en el medio ambiente. En este último planteamiento, el interés de los participantes en el sistema de innovación ya incorpora una intencionalidad de relacionamiento con el entorno más allá de nuevos y mejores productos o servicios. Se asoma entonces la necesidad de que estos estén armonizados con las necesidades de protección y cuidado del entorno. Todo lo anterior lleva a contemplar que la estructura misma de un sistema depende de sus orígenes, objetivos y condiciones locales de existencia. Apareciendo este nuevo interés entonces, desde la concepción de emergencia en los sistemas complejos adaptativos, nuevas funciones han de aparecer para que, cambiando el objetivo del sistema, también lo haga su estructura y funcionalidad.

Se comprende entonces que los sistemas de innovación pueden concebirse como un conjunto de diversos elementos (actores, actividades y artefactos) que se comporta de manera evolutiva y en donde las relaciones – incluyendo colaborativas y/o competitivas – son claves para el desempeño innovador Granstranda y Holgersson (2020). Su estructura puede cambiar depende de diversos factores. Así lo plantean Días *et all* (2020) quienes indican que la estructura depende de tres criterios y que, por lo tanto, sus funciones pueden concebirse de manera variada. El primer criterio está relacionado con el “*ciclo de vida del sistema*” que obedece al ciclo de nacimiento, expansión, maduración, y autorenovación del sistema mismo. Un segundo criterio es el *nivel de amplitud*” que puede atender a una clasificación como la siguiente: macroscópico, medio, microscópico y otros niveles. En este sentido se podrían concebir sistemas de innovación a nivel de ciudades, o en su



defecto, regionales o nacionales. Finalmente aparece el criterio de “*niveles de capas del sistema*”, que apunta al nivel de interconexión entre diferentes sistemas y/o subsistemas.

Por todo lo anterior, un sistema de innovación se puede concebir como un sistema complejo adaptativo, tal como lo sugiere Jucevičius y Grumadaite (2014), quienes exponen ocho elementos para considerarlos de esta manera: a) su interacción se basa en el principio de autoorganización; b) las respuestas al entorno surgen de una interacción espontánea de abajo hacia arriba sin un control central, c) se equilibran en el “borde del caos”, donde la creatividad y la innovación se encuentran en el nivel más alto, d) a pesar de este peligro, son altamente adaptables y cambian su comportamiento para seguir siendo vitales, e) no puede explicarse en simples procesos de entrada-salida, f) debido a una interacción espontánea y dinámica entre los agentes de las redes, el sistema se vuelve difícilmente predecible, g) las intervenciones importantes pueden fallar, mientras que los cambios menores pueden causar grandes resultados, y h) son sistemas dinámicos caracterizados por interacciones localizadas entre una gran cantidad y diversidad de agentes.

Sobre las funciones de un sistema de innovación

Conceptualizado la estructura general de un sistema de innovación y su orientación genérica, es importante plantear las funciones que estos tienen para alcanzar los resultados esperados. Dentro de este contexto, se hace un planteamiento de “funciones básicas”, que le corresponden a cualquier sistema de innovación independiente del enfoque tenga y “funciones específicas” relacionadas con la intencionalidad de contribuir al desarrollo sostenible según el marco conceptual dado al respecto en este artículo. A continuación, se presenta un desglose para estos dos tipos de funciones.

Funciones básicas de un Sistema de Innovación

Dentro de un sistema de innovación se pueden encontrar funciones transversales y constantes que se pueden encontrar en todos los sistemas de innovación y cuyo origen se encuentra en visiones en donde la innovación tiene un interés económico. La Tabla 1 señala las funciones según Bergek (2008):

Tabla 1. Funciones básicas de un sistema de innovación

Función Básica	Descripción de la función
Desarrollo y Difusión de Conocimiento	Generación y transferencia de conocimiento de diverso tipo (tecnológico, científico, comercial...) que sirve de insumo para las innovaciones
Orientación de los procesos de investigación	Establecimiento de estrategias conjuntas en una región que motivan o presionan el desarrollo de determinados caminos tecnológicos
Experimentación a nivel de emprendimientos innovadores	Prueba permanente y revisión de resultados de nuevas tecnologías aplicadas en nuevas propuestas de procesos, productos o servicios a incorporar en los mercados
Formación de mercados	Desarrollo permanente de estándares, conocimiento y motivación en usuarios, relaciones, y todos los elementos necesarios para generar una base de usuarios de las innovaciones.
Legitimización de dinámica emprendedora	Establecimiento de condiciones de aceptabilidad por parte de actores sociales que pueden influir en la consolidación del nuevo sector y, por lo tanto, pueden establecer condiciones políticas, normativas o de otra índole para que éste se desarrolle
Movilización de Recursos hacia los emprendimientos	Generación o fortalecimiento de recursos humanos, económicos, de infraestructura o complementarios que permitan la consolidación de capacidades de innovación
Desarrollo de Externalidades Positivas	Desarrollo de condiciones regionales que motiven ya sea a actores internos o externos a ser parte activa como empresas o clientes del sector en formación

Bergek, Hekkert y Jacobsson (2008)

En complemento a estas funciones, Bergek *et al* (2008) también plantean otra función definida como “*identificación de actores*” que apunta a entender a los actores como entidades distribuidas global, regional y localmente, que se relacionan de forma dinámica, colaborativa y competitiva, ya que no están bajo una única organización, pero comparten objetivos en común, lo que implica el flujo de información, dinero y servicios en el sistema. (Konietzko *et al*, 2020).

Funciones específicas de un Sistema de Innovación para la Sostenibilidad

Las distintas funciones descritas anteriormente son claves en cualquier sistema de innovación, sin embargo, pueden presentar limitaciones en el momento de enfocarse hacia la sostenibilidad debido a



su génesis desde la perspectiva de competitividad y de desarrollo económico. Esto sugiere la necesidad de agregar nuevas funciones que se complementen con las funciones previamente identificadas. A continuación, se muestran alguna de estas funciones.

Elaboración de políticas holísticas

El adecuado desenvolvimiento de un sistema de innovación para la sostenibilidad debe partir de una visión holística, que implica comprender que los fenómenos del universo están profundamente relacionados en diversos niveles (Milbrath, 1996). La creación de políticas holísticas parte de la habilidad de acceder a distintas combinaciones de factores tales como conocimiento, financiamiento, habilidades, instituciones y demanda. Esto requiere que una sociedad al plantear lineamientos, por ejemplo, alrededor del desarrollo agrícola, no tenga sólo un marco de política agraria, sino que debe concebir, en complemento, elementos de política ambiental, de generación de empleo o de orientación educativa, para que el logro no sólo en términos de competitividad sino en el área de la sostenibilidad sea más probable.

Un enfoque de políticas más holístico requiere de instrumentos de política nuevos que permitan integrar la innovación a las necesidades de los territorios (Edler y Georghiou, 2007; Boon y Edler, 2018) y Fagerberg (2018). Desde esta perspectiva, cualquiera sea el interés de desarrollo en una región, la innovación siempre debe estar inmersa.

Capacidad de análisis en prospectiva y retrospectiva

Las características de autoorganización y autoconocimiento requieren funciones de retrosección y prosepcción dentro de un sistema de innovación enfocado en la sostenibilidad. Raworth, (2018) señala que, un ejercicio de retrospectiva permite diagnosticar debilidades y vacíos en el transcurso de etapas de la innovación a desarrollar, y así tomar acción promoviendo la interacción entre tomadores de decisión, por medio de procesos participativos, interactivos e inclusivos. Desde la retrosección, un sistema de innovación hacia la sostenibilidad requiere analizar el impacto que innovaciones previas han presentado sobre el entorno y así mismo, criterios que han hecho posible la evolución o interrupción de innovaciones concretas. Desde esta óptica

Es decir, en su forma más instrumental, según Weber y Rohrer (2012; 1044), la retrospectiva tiene validez en la medida en que “*le da la habilidad a un sistema, de monitorear, anticipar, e involucrar actores en procesos de auto- gobernanza*”.

En complemento a la retrospectiva, Pombo-Juárez *et al* (2016) establece que, el ejercicio prospectivo contribuye a la gobernanza de los ecosistemas de innovación a través de su énfasis en la exploración de desarrollos a largo plazo (que a menudo trascienden las diferencias inmediatas de punto de vista) y en la formulación de visiones comunes, que indican acciones de innovaciones conjuntas en múltiples capas de ecosistema.

Fortalecimiento de interconexión (intermediarios)

Una función que no suele ser desarrollada a fondo dentro de los sistemas de innovación hace referencia a los intermediarios o guardianes, facilitadores de la innovación, u otro tipo de actores quienes participan de forma dinámica entre las distintas redes del sistema de innovación, creando y facilitando procesos. En el contexto de la innovación para la sostenibilidad, Kivimaa *et al* (2019) plantea a los intermediarios como actores claves dentro de un sistema de innovación, planteando para esto toda una tipología a partir de las diversas funciones que estos ejercen dentro de entornos y dinámicas locales. La función de fortalecimiento de intermediarios es esencial desde la óptica de la sostenibilidad partiendo de la premisa de desarrollo sostenible de “*piensa global y actual local*” (Gianinazzi, 2018). Estos intermediarios traen consigo abundantes y contextualizados recursos relacionados con la innovación, incluidos recursos tecnológicos, recursos de información, recursos financieros y servicios especializados en marketing, canales de distribución, derecho, etc., acorde a las realidades de los diferentes territorios, pero en armonía con tendencias mundiales (Su, *et al*. 2018.)

En este contexto Van Lente (2003) distingue tres tipos de intermediarios: *Intermediarios duros* (organizaciones de investigación y tecnología, que se dedican a la transferencia de conocimientos técnicos y transferencia de tecnología), *Intermediarios blandos*, (cámaras de comercio o centros de innovación, que se orientan a la intermediación de capacidades, recursos humanos o aprendizaje desde una perspectiva de innovación empresarial) e *intermediarios sistémicos* (actores más estratégicos, intermediando a múltiples actores, organizando el discurso y creando condiciones para el aprendizaje) (Klerkx y Leeuwis; 2009.)



Dentro de esta categoría también se agrupan intermediarios de transición, aquellos actores y plataformas que influyen positivamente en los procesos de interacción al vincular actores y actividades (sus habilidades y recursos), o al conectar visiones y demandas de redes que conectan diversidad de actores e intereses.

Fortalecimiento de las visiones locales

La creación de sistemas de innovación en ambientes competitivos suele ser impulsada desde sectores oficiales, de firmas, empresas tomadoras de decisión, imponiendo una visión sobre los consumidores y realidades locales. Esta tendencia termina obviando la visión de las localidades y genera una desconexión que limita el progreso de nuevas visiones y formas de resolver problemas de manera respetuosa a las condiciones de los territorios en términos ambientales. De forma contraria, los sistemas de innovación hacia la sostenibilidad deben lograr una cercanía mayor a los actores locales, ya que es común que existan iniciativas de sostenibilidad arraigadas en contextos geográficos, culturas y políticas impulsadas por ciudadanos o empresarios comprometidos que a menudo responden a oportunidades o problemas persistentes en su entorno específico y estas ideas deben ser integradas en los sistemas de innovación. (Hekkert *et al*, 2020.)

Weber y Rohracher (2012) establece la necesidad no solo de generar innovaciones de la manera más efectiva y eficiente posible, sino también de contribuir hacia una dirección particular de cambio transformador. Esta dirección se define por la identificación de los principales problemas o desafíos sociales para ser atendidos desde la innovación. En este sentido Loorbach *et al* (2020) señala que, al profundizar en las prácticas y condiciones locales, se puede alcanzar un mayor cambio transformador que luego abandone lo local y se proyecte a lo global.

Monitoreo de recursos ambientales y flujos de energía asociados a las innovaciones.

Esta función guarda una relación cercana con los procesos de introspección, en la medida en que se alimenta de datos internos del sistema. Desde el punto de ideación de las innovaciones hasta la legitimación de éstas en el mercado, existen distintos tipos de datos disponibles que permiten determinar la relación de los distintos actores sociales con el capital natural, y con esto, determinar el peso ambiental que tiene cada innovación. Con esta información es posible reinventar fases del sistema y establecer metas que apunten a una disminución del consumo de recursos ambientales y

energéticos o a la menor generación posible de todo tipo de emisiones en la producción, transporte, consumo o disposición de productos y/o servicios. De igual forma esta aproximación permite desarrollar una visión a largo plazo del ciclo de vida de la innovación y así tener a disposición herramientas que dinamicen y monitoreen con mayor precisión el desarrollo de la innovación y el impacto al medio ambiente de ésta.

Las actividades de identificación y monitoreo estarán encaminadas a fortalecer las dinámicas de economía circular, en donde se busca maximizar el uso de recursos, Konietzo *et all* (2020) propone un modelo de cinco instancias. *Crecer*, atrayendo nuevos participantes y fuentes de financiamiento, *Replicar*, significando la adaptación en los procesos a entornos locales, *Asociar*, involucrando nuevos actores y colaboradores, *instrumentalizar* transponiendo los avances y aprendizajes del proceso en espacios de política y gobernanza y *Establecer*, buscando reconocimiento y atracción dentro del mercado, por medio de la legitimidad.

Transformación de prácticas rutinarias de la sociedad

Esta es una función que suele ser tratada de forma implícita en distintas propuestas de teorización sobre sistemas de innovación, pero esta es una función particularmente importante al pensar en sostenibilidad, ya que no es posible pensar en desarrollo sostenible sin que existan cambios de hábito. La transformación hacia la sostenibilidad implica cambiar prácticas y rutinas, cambiando hábitos de productores y consumidores. Esto supone un esfuerzo consciente por hacer las cosas de forma distinta.

Desde la literatura, este componente de cambio de hábitos es descrito por Raworth (2018) desde el diseño regenerativo, en donde los humanos deben adquirir una posición consciente y participativa en los procesos cíclicos de la vida en la tierra. Es decir, es importante que los humanos comprendan que estamos en un sistema natural regenerativo, que funciona en ciclos y por lo tanto el diseño de las industrias debe alinearse a estos ciclos contribuyendo a la regeneración de los recursos. Rodríguez (2009) agrega que estos cambios de comportamiento garantizan el factor evolutivo de los recursos, ya que se permiten la generación de transformaciones que asegura la permanencia en el tiempo de los recursos.



CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del texto se ha establecido la necesidad de replantear, bajo el marco de los sistemas complejos, las funciones de los sistemas de innovación tradicionales, para enfocarlos hacia la sostenibilidad. Esta aproximación presenta nuevas interpretaciones conceptuales a la luz de sostenibilidad, sistemas de innovación y sistemas complejos adaptativos. De igual forma se tienen en cuenta las funciones presentadas por Bergek (2008), provenientes del paradigma de la competitividad en los sistemas de innovación, y se presentaron de forma complementaria nuevas funciones específicas a la sostenibilidad.

Frente a las aproximaciones teóricas, se establece la necesidad de transformar la visión de sostenibilidad, hacia una conceptualización que sin abandonar la complejidad que le atañe, permita generar variables medibles y útiles en el momento de concebir y evaluar un sistema de innovación. Para hacerlo, se plantea la visión multidimensional propuesta por Ben-Eli (2015) en donde se integran cinco principios, que permitirán el equilibrio entre las necesidades de consumo y los recursos naturales disponibles, en el presente y de forma continua en el tiempo. Esta concepción agrega elementos de complejidad a tener en cuenta en el diseño de un sistema de innovación.

En referencia a la conceptualización de sistemas de innovación se encuentra que, en función a sus múltiples orígenes e intencionalidades, los sistemas de innovación se presentan como entidades complejas y adaptativas que toman forma a la luz de su entorno, yendo entre otros ejemplos, desde lo virtual a lo local. En esta vía, y en respuesta a la sostenibilidad, estos sistemas de innovación deben presentar propiedades emergentes y de auto-organización que les permitan ser estructuras válidas de desarrollo social. Ante esta necesidad, el artículo expone nuevas funciones a tener en cuenta, las cuales permiten un avance sobre lo planteado por autores que definieron funciones desde el paradigma de la competitividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asamblea de las Naciones Unidas (1987). El desarrollo sostenible. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. *Asamblea General de las Naciones Unidas*. Recuperado de: <https://desarrollosostenible.wordpress.Com/2006/09/27/informe-brundtland> .



- Avalos Charpentier , K. (2021). Teaching Strategies for First-Grade Students with Autism Spectrum Disorder in The Process of Learning English as A Foreign Language. *Sapiencia Revista Científica Y Académica* , 1(1), 22-44. Recuperado a partir de <https://revistasapiencia.org/index.php/Sapiencia/article/view/11>
- Ben-Eli, M. (2015). *Sustentabilidad: Definición y cinco principios fundamentales*. The Sustainability Laboratory. New York.
- Bergek, A., Hekkert M., Jacobsson, S., (2008). Functions in Innovation Systems: a framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system building activities by entrepreneurs and policy makers. RIDE/IMIT Working Paper No. 84426-00.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research policy*, 37(3), 407-429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>.
- Boon, W., Edler, J. (2018). Demand, challenges, and innovation. Making sense of new trends in innovation policy. *Science and Public Policy*, 45(4), 435-447. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy014>.
- Boyer, J. (2020). Toward an evolutionary and sustainability perspective of the innovation ecosystem: Revisiting the panarchy model. *Sustainability*, 12(8), 3232. <https://doi.org/10.3390/su12083232>.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R., (1991). On the nature, function, and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics* 1, 93–118. <https://doi.org/10.1007/BF01224915>.
- Carmichael, T., Hadžikadić, M. (2019). The Fundamentals of Complex Adaptive Systems. In: Carmichael, T., Collins, A., Hadžikadić, M. (eds) *Complex Adaptive Systems. Understanding Complex Systems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20309-2_1.
- Castillo-Villanueva, L., Velázquez-Torres, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 17(2), 11-32. <https://quivera.uaemex.mx/article/view/9811>.
- Corporación ENLACE (2013). *Manual de Innovación para empresas*. Bucaramanga (Colombia).



- Dias Sant' Ana, T., de Souza Bermejo, P. H., Moreira, M. F., De Souza, W. V. B. (2020). The structure of an innovation ecosystem: foundations for future research. *Management Decision*, 58(12), 2725-2742. <https://doi.org/10.1108/MD-03-2019-0383>.
- Edler, J., Georghiou, L. (2007). Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side. *Research policy*, 36(7), 949-963. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.03.003>.
- Fagerberg, J. (2018). Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy. *Research Policy*, 47(9), 1568-1576. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.012>.
- Granstrand, O., Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, 102098. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>.
- Hekkert, M. P., Janssen, M. J., Wesseling, J. H., Negro, S. O. (2020). Mission-oriented innovation systems. *Environmental innovation and societal transitions*, 34, 76-79. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.11.011>.
- Jacobides, M. G., Cennamo, C., Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic management journal*, 39(8), 2255-2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>.
- Jucevičius, G., Grumadaitė, K. (2014). Smart development of innovation ecosystem. *Procedia-social and behavioral sciences*, 156, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.11.133>.
- Kivimaa, P., Boon, W., Hyysalo, S., Klerkx, L. (2019). Towards a typology of intermediaries in sustainability transitions: A systematic review and a research agenda. *Research Policy*, 48(4), 1062-1075. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.006>.
- Klerkx, L., Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological forecasting and social change*, 76(6), 849-860. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001>.
- Konietzko, J., Bocken, N., Hultink, E. J. (2020). A tool to analyze, ideate and develop circular innovation ecosystems. *Sustainability*, 12(1), 417. <https://doi.org/10.3390/su12010417>.
- Loorbach, D., Wittmayer, J., Avelino, F., von Wirth, T., Frantzeskaki, N. (2020). Transformative innovation and translocal diffusion. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 35, 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.01.009>.

- López Medina, P. A. (2022). La Protección de los Derechos de Autor en La Era Digital. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 2(1), 96-112.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v2i1.11>
- Maldonado, C. E. (2007). Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicación. Buenos Aires: *Fundación Universidad Externado de Colombia*. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/28616>.
- Maldonado C.E. (2014) ¿Qué es un sistema complejo? *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 14.29: 71-93. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41438646004>.
- Milbrath, L. W. (1996). Learning to think environmentally: While there is still time. *SUNY Press*. ISBN: 0791429547.
- Naciones Unidas (2015), Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). Disponible en esta dirección: <https://www.refworld.org/es/docid/602021b64.html>.
- Pombo-Juárez, L., Könnölä, T., Miles, I., Saritas, O., Schartinger, D., Amanatidou, E., Giesecke, S. (2017). Wiring up multiple layers of innovation ecosystems: Contemplations from Personal Health Systems Foresight. *Technological forecasting and social change*, 115, 278-288.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.018>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Raworth, K. (2018). Economía rosquilla. *Grupo Planeta*. (34), 6-8. ISBN: 9788449334160.
- Rodríguez, J. (2009). La cuestión ambiental desde una visión sistémica. *Revista ideas ambientales*, 2, 1-35.
- Rodríguez, L. G. Aguirre, J. L. (2011). Teorías de la complejidad y ciencias sociales. Nuevas estrategias epistemológicas y metodológicas. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 30(2). http://dx.doi.org/10.5209/rev_NOMA.2011.v30.n2.36562.
- Rodríguez Cruz, J. (2021). Enfermería en Cuidados Crónicos y Atención a Pacientes con Enfermedades Crónicas. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 2(1), 82-97.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v2i1.16>



- Román Fuentes, J. C., Román Julián, R., & Franco Gurría , R. T. (2022). Competencias sociocognitivas en la educación superior desde la percepción de los estudiantes. Emergentes - Revista Científica, 2(1), 71-95. <https://doi.org/10.37811/erc.v1i2.14>
- [Su, Y.-S.](#), [Zheng, Z.-X.](#) , [Chen, J.](#) (2018), A multi-platform collaboration innovation ecosystem: the case of China, *Management Decision*, 56 (1), 125-142. <https://doi.org/10.1108/MD-04-2017-0386>.
- Van Lente, H., Hekkert, M., Smits, R., Van Waveren, B. A. S. (2003). Roles of systemic intermediaries in transition processes. *International journal of Innovation management*, 7(03), 247-279. <http://dx.doi.org/10.1142/S1363919603000817>.
- Weber, K. M., Rohracher, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive ‘failures’ framework. *Research policy*, 41(6), 1037-1047. DOI: 10.1016/j.respol.2011.10.015.

