

LA TRANSICIÓN SOSTENIBLE COMO SOPORTE DE LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

EBRU SUSUR

ANTONIO HIDALGO

Universidad Politécnica de Madrid

Este trabajo tiene su base en la tesis doctoral de la autora Ebru Susur y recoge parte de los resultados obtenidos de los artículos publicados por los autores, que contó con la financiación del programa EMJD «*European Doctorate in Industrial Management (EDIM)*» financiado por la Comisión Europea, Erasmus Mundus Action 1.

Los sistemas de producción industrial que incorporan principios de ecología industrial pueden definirse como ecosistemas industriales o sistemas de producción industrial de próxima generación (Frosch, 1992; Korhonen, 2001; Deutz y Gibbs, 2008). El ámbito de la ecología industrial aboga por imitar los principios de los ecosistemas naturales a los procesos industriales (Graedel y Allenby, 1995; Erkman, 1997; Korhonen, 2004). Si bien inicialmente este enfoque se centró en

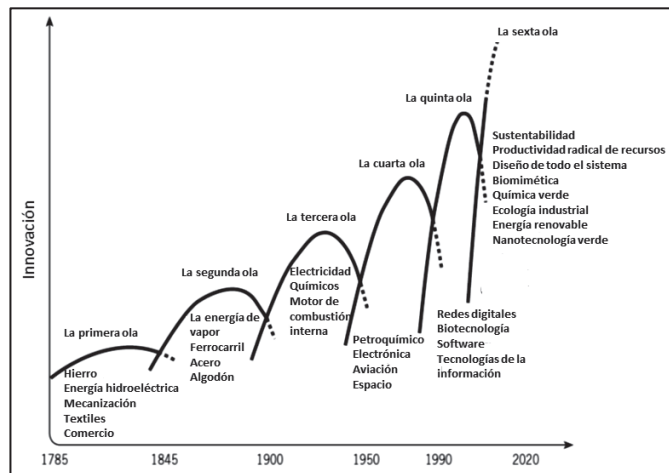
las interacciones simbióticas entre los actores del sistema de producción industrial a través del intercambio de recursos físicos, incluidos materiales, agua, energía, infraestructura y hábitat natural (Chertow, 2000; Deutz y Gibbs, 2004), con el tiempo diversos estudios han ido destacando la importancia de los intercambios de recursos no físicos o intangibles, incluida la información, el conocimiento, la experiencia y la gestión empresarial (Lombardi y Laybourn, 2012). Estos estudios han subrayado también la necesidad de considerar las posibles relaciones simbióticas entre la industria y los demás actores del sistema, como organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, universidades, centros de investigación, organismos intermedios, etc. (Boons, *et al.*, 2011).

Los ecosistemas industriales se promueven principalmente a escala local y regional, considerando las ventajas potenciales que ofrece la proximidad geográfica entre las industrias aglomeradas (Chertow, 2000; Paquin y Howard-Grenville, 2009), aunque no se descarta la escala nacional. A escala local,

la ecología industrial hace referencia a los parques eco-industriales (Ehrenfeld y Gertler, 1997; Carr, 1998). Un ecosistema industrial incorpora elementos técnicos y sociales basados en dinámicas de interacción complejas entre una amplia gama de actores (Mouzakitis, *et al.*, 2003), incluidos los organismos de gestión del sistema de producción industrial (Gibbs, *et al.*, 2005), organizaciones industriales individuales, organizaciones gubernamentales, universidades y centros de investigación (Lowe, 2001; Valentino, 2015), y campeones regionales (Hewes y Lyons, 2008). El nivel de complejidad de las interacciones depende de la evolución de los elementos de carácter socio-técnico de los ecosistemas industriales que se basa en una colaboración sistémica entre los actores y las instituciones (Gibbs, 2009; Huber, 2000), y es necesario comprenderlo para llevar a cabo una eficaz gestión de las correspondientes transiciones a diseñar.

Una forma de conseguirlo es enfatizando la naturaleza sistémica de la innovación en el ámbito de la

FIGURA 1
ONDAS DE INNOVACIÓN



Fuente: Hargroves y Smith, 2005.

ecología industrial. Como se argumenta en este artículo, desde uno de los campos de investigación más destacados de los estudios de innovación en este momento (transiciones sostenibles) se afirma que se necesitan cambios sistémicos y radicales como consecuencia de los elevados riesgos asociados a los desafíos de la sostenibilidad (Schot y Geels, 2008; Markard, et al., 2012). Los estudios relativos a las transiciones abordan los cambios en los sistemas socio-técnicos, caracterizados por elementos sociales y técnicos, a través de cambios fundamentales sostenibles a nivel individual, organizacional, sectorial y social, teniendo en cuenta las dimensiones institucionales, tecnológicas y culturales que se encuentran bajo la influencia de un amplio conjunto de actores (Truffer y Coenen, 2012; Geels, 2002; Farla, et al., 2012; Rip y Kemp, 1998).

En consonancia con estos argumentos, este artículo tiene un doble objetivo. En primer lugar, fortalecer los vínculos entre la ecología industrial y las transiciones sostenibles a partir de los estudios de innovación. En segundo lugar, proporcionar un marco de referencia que pueda ayudar a gestionar las transiciones de los sistemas de producción industrial convencionales a ecosistemas industriales.

El artículo está estructurado de la siguiente manera. Un primer apartado proporciona los fundamentos teóricos de la ecología industrial, con especial énfasis en los ecosistemas industriales. A continuación se incorpora la perspectiva de las transiciones sostenibles desde los enfoques de la innovación. En el siguiente apartado se presenta la gestión estratégica de nichos como herramienta para el estudio de las transiciones hacia un ecosistema industrial y, finalmente, en un último apartado se exponen las principales conclusiones.

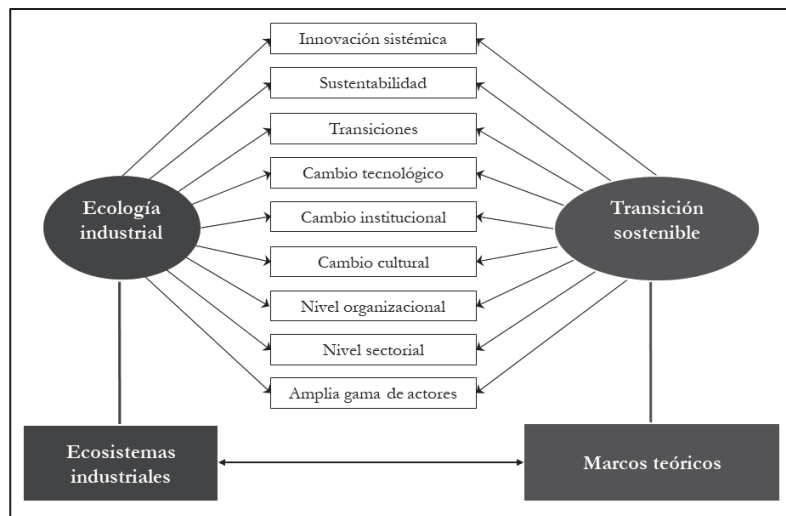
LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL COMO INNOVACIÓN SISTÉMICA ↓

La ecología industrial se considera como un nuevo enfoque de la innovación, integrada en el modelo de olas de innovación que abarca el periodo comprendido desde 1785 hasta 2020, que permite abordar los problemas de sostenibilidad de los sistemas de producción industrial, según se muestra en la Figura 1 (OECD, 2009; Kloiber y Priewasser, 2014; Adamides y Mouzakitis, 2009; Hargroves y Smith, 2005; Machiba, 2010).

Los cambios generados por la aplicación de la ecología industrial en los sistemas industriales tienen normalmente una naturaleza incremental, pero los beneficios económicos y ambientales acumulados que se obtienen pueden ser significativos. Las innovaciones incrementales suelen constituir etapas o requisitos previos para futuros cambios radicales, lo que permite que los sistemas industriales puedan ajustarse a nuevas configuraciones que desarrollen innovaciones de carácter sistémico (OECD, 2010; Rotmans y Loorbach, 2009).

Las innovaciones sistémicas que desencadena la ecología industrial pueden conducir no solo a cambios tecnológicos, sino también organizativos e institucionales dentro de las rutinas establecidas en los sistemas de producción industrial (Susur, et al., 2019a). Estos cambios en las rutinas dependen de la reconstrucción de las prácticas predominantes que llevan a cabo los actores del sistema industrial y, de una manera más amplia, a través de la legitimación y la implementación activa de las prácticas de ecología industrial. No obstante, con frecuencia se presentan escenarios de resistencia por parte de los actores existentes en los sistemas de producción industrial debido a los cambios que se pretenden introducir en las rutinas establecidas (Adamides y Mouzakitis, 2009; Susur, et al., 2019b), pues no hay que olvidar que el objetivo

FIGURA 2
VÍNCULO ENTRE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL Y LAS TRANSICIONES SOSTENIBLES



Fuente: elaboración propia.

que se persigue es llevar a cabo una transición de los sistemas lineales de producción dominantes a los sistemas circulares de producción industrial (Machiba, 2010; Erkman, 1997).

UN PUENTE HACIA LAS TRANSICIONES SOSTENIBLES

En la actualidad el análisis del problema de la sostenibilidad en el contexto industrial presenta un fuerte interés desde las perspectivas académica y de regulación, lo que le ha permitido constituirse en un importante ámbito de estudio dentro del campo de la ecología industrial. A esta nueva línea se la conoce como «*transición hacia la sostenibilidad*» y tiene como finalidad proporcionar una visión general de las mejoras, tanto sistémicas como radicales, que hay que implementar en los ecosistemas industriales teniendo en cuenta los riesgos asociados con los desafíos ambientales existentes actualmente (Schot y Geels, 2008; Smith y Raven, 2012; Markard, *et al.*, 2012; Kemp, *et al.*, 1998). El principal foco de interés se encuentra en las transiciones que hay que diseñar a través de cambios sostenibles fundamentales en los distintos niveles del sistema industrial (individual, organizacional, sectorial y social) y en sus diferentes dimensiones (institucionales, tecnológicas y culturales) (Farla, *et al.*, 2012; Truffer y Coenen, 2012).

Teniendo en cuenta estas dimensiones de los ecosistemas industriales y la naturaleza de innovación sistémica de la ecología industrial es posible explicar los procesos de transición hacia la sostenibilidad de los mismos y su gestión. Como se observa en la figura 2, tanto el ámbito de la ecología industrial como el de las transiciones hacia la sostenibilidad enfatizan la innovación sistémica, la sustentabilidad, los cambios tecnológico e institucional, el cambio cultural a nivel organizacional y sectorial con la integración de una amplia gama de actores y redes.

Dentro del ámbito de las transiciones hacia la sostenibilidad existen diferentes enfoques entre los que destacan los siguientes: la perspectiva multinivel de las transiciones socio-técnicas (Geels, 2005; Rip y Kemp, 1998; Geels y Schot, 2007), la gestión estratégica de nichos (Schot y Geels, 2008; Schot, *et al.*, 1994; Kemp, *et al.*, 1998), y los sistemas de innovación tecnológica (Bergek, *et al.*, 2015; Hekkert, *et al.*, 2007; Bergek, *et al.*, 2008). Estos tres enfoques tienen puntos de partida similares basados en la teoría de la economía evolutiva y otros enfoques constructivistas de carácter social del desarrollo tecnológico, y presentan una perspectiva sistémica centrada en el cambio socio-técnico a través de nuevos modos de producción para sistemas industriales más sostenibles (Markard, *et al.*, 2012; Truffer y Coenen, 2012; Coenen y Truffer, 2012).

La **perspectiva multinivel** propone tres niveles analíticos para comprender las transiciones socio-técnicas:

- Paisaje socio-técnico, que se relaciona con elementos materiales e inmateriales a nivel macro, es decir, infraestructura material, cultura política y coaliciones, valores sociales, visiones del mundo y paradigmas, macroeconomía, demografía y entorno natural.
- Régimen socio-técnico, que conceptualiza la estructura que mantiene la estabilidad de los sistemas socio-técnicos existentes como una constelación semi-coherente de artefactos tecnológicos, infraestructuras, regulaciones y prácticas de usuario a nivel meso, y está sujeta a transición.
- Nichos socio-técnicos, que son el lugar de las innovaciones a nivel micro que actúan como salas de incubación de novedades radicales y proporcionan ubicaciones para los procesos de aprendizaje.

La **gestión estratégica de nichos** analiza los proyectos locales como experimentos (de nicho) que proporcionan información teórica y práctica sobre cómo construir y apoyar espacios protegidos para las innovaciones. Este enfoque desarrolla tres procesos internos que son relevantes para comprender las trayectorias de desarrollo del nicho, que se analizan en detalle en el siguiente apartado.

Los **sistemas de innovación tecnológica** se centran en comprender y explicar el complejo sistema de innovaciones emergentes en torno a una tecnología en particular mediante el análisis de las estructuras del sistema (actores, redes e instituciones), sus funciones (experimentación empresarial), el desarrollo y la difusión del conocimiento, la orientación de la identificación de oportunidades, el análisis del mercado, la movilización de recursos, la creación de legitimidad y el desarrollo de economías externas.

Este artículo se centra en el enfoque de la gestión estratégica de nichos porque proporciona las bases apropiadas para organizar los conocimientos que se estiman necesarios sobre los ecosistemas industriales emergentes y las transiciones hacia la sostenibilidad de los sistemas de producción industrial a largo plazo. Hay que tener en cuenta que en estos momentos los ecosistemas industriales no representan la lógica principal detrás del desarrollo del sistema de producción industrial, y las evidencias muestran que actualmente constituyen prácticas marginales sostenibles en geografías distribuidas. En otras palabras, en su mayoría permanecen actualmente en el nivel de nicho.

De acuerdo con este enfoque, y teniendo en cuenta que los nichos actúan como salas de incubación para las transiciones hacia la sostenibilidad, es posible estudiar los ecosistemas industriales desde una perspectiva de transición, ya que pueden considerarse como espacios que nutren las interacciones basadas en el intercambio de recursos entre los actores del sistema de producción industrial. Por tanto, si pueden mantener la incubación durante un tiempo de manera continua, podrán llevarse a cabo las transiciones hacia un ecosistema industrial en el futuro.

LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE NICHOS. UNA HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LAS TRANSICIONES HACIA ECOSISTEMAS INDUSTRIALES Y LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS ↓

Como se ha puesto de manifiesto en los apartados anteriores, la conceptualización que se presenta en este artículo integra la literatura sobre ecología industrial y el enfoque estratégico de gestión de nichos. Esta conceptualización sigue una perspectiva evolutiva que ha sido dominante en la literatura y que afirma que los principios de la ecología industrial pueden conducir a cambios tecnológicos, institucionales y culturales fundamentales, tanto a nivel organizacional como sectorial, a través de la colaboración e interacción entre múltiples actores y la generación de redes en los siste-

mas de producción industrial. La ecología industrial se conceptualiza como un modelo de innovación sistémica y los ecosistemas industriales se abordan como construcciones socio-técnicas.

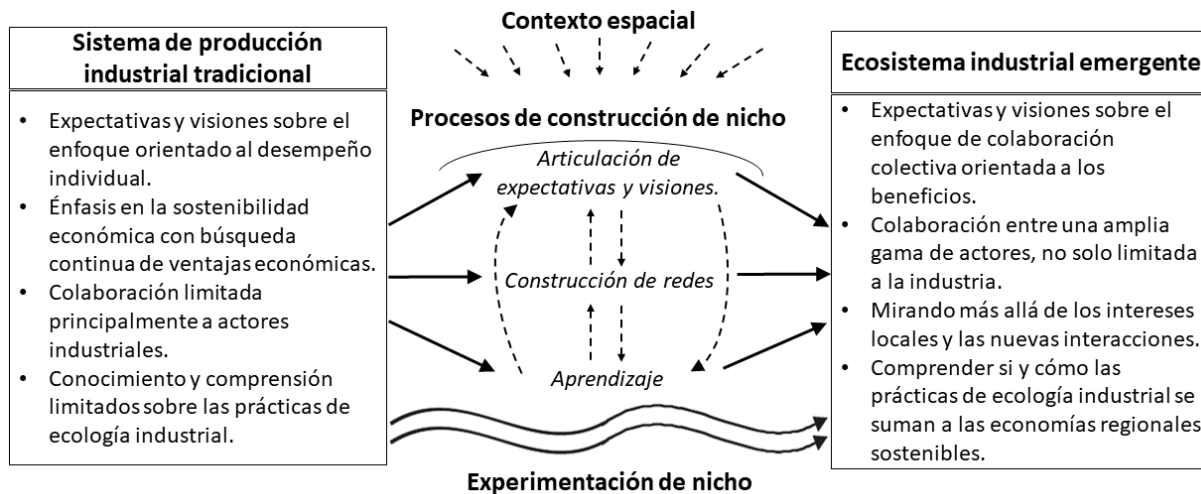
Asimismo, se considera que la gestión estratégica de nichos constituye una herramienta que proporciona las capacidades necesarias para transformar los sistemas industriales convencionales en ecosistemas industriales emergentes siguiendo unas pautas de transición sostenible. Los principales objetivos de la gestión estratégica de nichos se basa en la gestión ex-ante de innovaciones orientadas a la sostenibilidad (Schot y Geels, 2008), y por esta razón adopta los conceptos de la experimentación como elementos centrales de sus fundamentos teóricos (Borghesi y Magnusson, 2018; Weber, *et al.*, 1999). Desde una perspectiva evolutiva, este enfoque establece que los experimentos que se refieren a proyectos locales orientados a la sostenibilidad son elementos cruciales para construir los nichos, los cuales obtienen un impulso en el tiempo a través de la innovación continua (Geels, 2002). Los nichos actúan como incubadoras de innovación en las que emerge una comunidad con expectativas y visiones compartidas, y proporcionan las condiciones para la penetración exitosa de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad en las prácticas convencionales, así como los recursos necesarios para el desarrollo de futuros proyectos locales (Geels y Raven, 2006).

Este enfoque proporciona también las bases para analizar y comprender los experimentos relativos a la gestión estratégica de nichos, lo que en algunos casos conduce con éxito a nichos emergentes que desafían a las rutinas poco sostenibles aunque, en algunos casos, siguen siendo prácticas que tienen una débil caracterización. Esta gestión estratégica requiere de tres procesos interdependientes e interrelacionados a través de los cuales los experimentos pueden contribuir al desarrollo exitoso de nichos (Raven, 2005; Schot y Geels, 2008; van der Laak, *et al.*, 2007): (i) articulación de expectativas y visiones, (ii) construcción de redes sociales y (iii) procesos de aprendizaje.

La **articulación de expectativas y visiones** es el primer proceso de nicho para construir un ecosistema industrial. Este proceso de articulación debe conducir al establecimiento de una dirección predominante para el camino o viaje a seguir en las transiciones hacia la sostenibilidad de los sistemas de producción industrial, y puede necesitar del apoyo de una visión sólida, específica, ambiciosa y, al mismo tiempo, realista en consonancia con las expectativas de los actores regionales. Es importante destacar que este proceso permitiría atraer la atención de otros actores y crear las bases a través del intercambio de conocimientos para fomentar nuevos experimentos.

La **construcción de redes sociales** es el segundo proceso de nicho. En esta fase se sugiere adoptar una amplia perspectiva de red para los ecosistemas industriales que faciliten las interacciones entre los diferentes actores del sistema implicados en su planifi-

FIGURA 3
MARCO PARA DESARROLLAR UN ECOSISTEMA INDUSTRIAL EMERGENTE



Fuente: Susur, *et al.*, 2019c.

cación e implementación (industria, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, centros de investigación y universidades, organismos intermedios, comunidades locales, etc.). A medida que las redes se amplían con diferentes tipos de actores y el compromiso entre ellos se incrementa, este proceso contribuye en mayor medida a la generación de nichos emergentes y a la movilización de todos los recursos disponibles.

Finalmente, **el aprendizaje** constituye el tercer proceso de nicho. Está constituido por los conocimientos tangibles e intangibles de los diferentes actores del sistema, lo que permite generar una cultura compartida entre ellos. En esta fase se persigue que las actividades de aprendizaje no solo activen el aprendizaje de primer nivel, basado en el intercambio de conocimiento relacionado con hechos y datos, a través del cual los actores pueden identificar un problema y corregirlo sin cambiar las reglas subyacentes, sino que faciliten el aprendizaje de segundo nivel a través de cambios en los supuestos cognitivos, normativos y regulatorios de los actores involucrados, es decir, lograr implementaciones reales.

La experiencia demuestra que estos tres procesos interactúan entre sí, se refuerzan mutuamente y evolucionan conjuntamente contribuyendo al desarrollo de un nicho, mientras que los entornos interno y externo también contribuyen a configurar esa mediación (van der Laak, *et al.*, 2007; Raven y Geels, 2010).

Además de estos procesos, la gestión estratégica de nichos considera también el **contexto espacial**. Este contexto permite tener en consideración un conjunto de atributos que tienen un peso específico, como son las políticas y otras regulaciones de los gobiernos centrales y regionales, la cultura regional, los mercados disponibles, las estructuras industriales, las redes existentes,

la composición industrial en términos de sector y tamaño, la colaboración existente, la confianza, etc., que pueden influir de manera decisiva y pueden servir de apoyo a la incubación de las prácticas de ecología industrial durante la experimentación.

Según esta conceptualización, lo que podemos denominar como el viaje para convertir un sistema de producción industrial convencional en un ecosistema industrial a través de la experimentación de nichos se centra en una planificación adaptativa y continua, y la implementación de diversas prácticas dentro del sistema de producción industrial. Esta experimentación continua puede, con el tiempo, reemplazar las rutinas existentes orientadas al desempeño individual de los sistemas de producción industrial y los ecosistemas industriales pueden desarrollarse como nichos siguiendo las rutinas orientadas a beneficios colectivos. En este denominado viaje, la comunidad que brindaría apoyo a las prácticas de ecología industrial es clave para conseguir el éxito y no se limita a la red de las organizaciones industriales involucradas en el sistema. La Figura 3 refleja el marco propuesto para desarrollar un ecosistema industrial emergente.

Este marco también puede actuar como una herramienta para la formulación de políticas orientadas a apoyar los ecosistemas industriales emergentes, pues hay que tener en consideración que el potencial de un sistema de producción industrial para transformarse en un ecosistema industrial requiere de políticas específicas que ayuden a la formación de nichos. En este contexto es relevante dar importancia al proceso de construcción de redes dirigido a varios actores regionales (no solo enfocados en la industria), lo que permitiría aunar sus expectativas y visiones a través de mecanismos de aprendizaje que difundan el conocimiento sobre las prácticas de ecología industrial (Susur, *et al.*, 2019c).

Sin embargo, hasta ahora el enfoque de la gestión estratégica de nichos no se ha aplicado como una herramienta de gestión *ex-ante* para introducir nuevas tecnologías y prácticas sostenibles; por el contrario, se ha utilizado como un marco analítico para el análisis *ex-post* y la evaluación de casos específicos como los biocombustibles (van der Laak, *et al.*, 2007), la gasificación de biomasa (Verbong, *et al.*, 2010), alimentos orgánicos (Smith, 2006), plantas de biogás (Geels y Raven, 2006), e innovaciones de transporte sostenible aplicadas en vehículos eléctricos de batería (Kemp, *et al.*, 1998) y vehículos eléctricos híbridos (Sushandoyo y Magnusson, 2014).

CONCLUSIONES ↓

En este artículo se ha tratado de promover la comprensión y la gestión de las transiciones hacia un ecosistema industrial con la finalidad de abordar el desafío de los problemas de sostenibilidad en los sistemas tradicionales de producción industrial que operan bajo rutinas de producción lineal. Para conseguirlo, en primer lugar se ha tratado de fortalecer el vínculo entre el ámbito de la ecología industrial y el de las transiciones de sostenibilidad, tomando como punto de partida los estudios relativos a la innovación de carácter sistémico. A continuación, se ha propuesto un marco analítico para estudiar y gestionar las transiciones del ecosistema industrial enfocándose en los ecosistemas industriales emergentes a escalas local y regional. Este marco ofrece un enfoque del sistema socio-técnico, basado en el marco estratégico de gestión de nichos, como la principal inspiración de carácter teórico. En resumen, la ecología industrial se ha abordado como un modelo de innovación sistémica, y los ecosistemas industriales como una construcción sociotécnica, más específicamente como nichos que son necesarios para abordar las transiciones de los sistemas socio-técnicos de producción industrial.

El enfoque analítico utilizado en relación al concepto de nicho se ha basado en la experimentación como elemento central de su diseño y se han definido tres procesos específicos (articulación de expectativas y visiones, construcción de redes sociales y aprendizaje), para diseñar el marco de referencia. Este enfoque sugiere que la forma en que emergen los ecosistemas industriales depende de los niveles de interacción e interdependencia en los procesos de generación de los nichos durante la experimentación, teniendo el contexto espacial una influencia muy significativa en su desarrollo.

Pero las transiciones hacia los ecosistemas industriales no son fáciles de realizar, pues las transiciones necesarias requieren de cambios sustanciales en las rutinas existentes en los sistemas de producción industrial. Además, los actores existentes en los sistemas industriales convencionales tienden a presentar resistencia a los cambios que se introduzcan en sus reglas regulatorias, normativas y cognitivas, lo que lleva a la aparición de bloqueos en las rutinas actuales. Es necesario, por tanto, construir nuevas redes, más amplias y heterogé-

neas, que permitan que dentro de la comunidad puedan surgir actores que protejan y apoyen el proceso de generación de nichos estratégicos. Este proceso debe ser continuo para conseguir los siguientes objetivos:

- Mantener el impulso y el apoyo a estos cambios.
- Involucrar al mayor número posible de actores en las redes del ecosistema industrial emergente.
- Desarrollar más intercambios de naturaleza simbiótica para impulsar el aprendizaje de segundo orden de la industria.
- Crear vínculos más profundos entre los experimentos a escala local y regional, pero sin dejar de lado la proyección a los niveles nacional e internacional.
- Informar al mayor número posible de actores de la región sobre lo que se vaya logrando y los pasos futuros a dar.

Por último, es importante tener en consideración que las organizaciones intermedias que aglutinan a diferentes actores locales y regionales, como organismos de coordinación y gestión, pueden ser particularmente útiles para mantener ese impulso. Si las redes que se implementen son capaces de brindar soporte y protección para el desarrollo de nuevos experimentos que contribuyan a la generación de procesos de nicho, será posible realizar cambios en las reglas de los sistemas de producción industrial para lograr las transiciones hacia ecosistemas industriales.

REFERENCIAS ↓

- ADAMIDES, E. D. & MOUZAKITIS, Y. 2009. «Industrial ecosystems as technological niches». *Journal of Cleaner Production*, 17(2): 172-180.
- BERGEK, A., HEKKERT, M., JACOBSSON, S., MARKARD, J., SANDÉN, B. & TRUFFER, B. 2015. «Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics». *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16: 51-64.
- 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: 407-429.
- BOONS, F., SPEKKINK, W. & MOUZAKITIS, Y. 2011. «The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review». *Journal of Cleaner Production*, 19: 905-911.
- BORGHEI, B.B. & MAGNUSSON, T. 2018. «Niche aggregation through cumulative learning: A study of multiple electric bus projects». *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 28: 108-121.
- CARR, A.J.P. 1998. «Choctaw eco-industrial park: An ecological approach to industrial land-use planning and design». *Landscape and Urban Planning*, 42: 239-257.
- CHERTOW, M.R. 2000. «Industrial symbiosis: Literature and taxonomy». *Annual Review of Energy and the Environment*, 25: 313-337.

- COENEN, L. & TRUFFER, B. 2012. «Places and spaces of sustainability transitions: Geographical contributions to an emerging research and policy field». *European Planning Studies*, 20(3): 367-374.
- DEUTZ, P. & GIBBS, D. 2004. «Eco-industrial development and economic development: Industrial ecology or place promotion». *Business Strategy and the Environment*, 13: 347-362.
- DEUTZ, P. & GIBBS, D. 2008. «Industrial ecology and regional development: Eco-Industrial development as cluster policy». *Regional Studies*, 42(10): 1313-1328.
- EHRENFELD, J. & GERTLER, N. 1997. «Industrial ecology in practice: The evolution of interdependences at Kalundborg». *Journal of Industrial Ecology*, 1: 67-79.
- ERKMAN, S. 1997. «Industrial ecology: An historical view». *Journal of Cleaner Production*, 5(1): 1-10.
- FARLA, J., MARKARD, J., RAVEN, R. & COENEN, L. 2012. «Sustainability transitions in the making: A closer look at actors, strategies and resources». *Technological Forecasting & Social Change*, 79: 991-998.
- FROSCH, R.A. 1992. «Industrial ecology: A philosophical introduction». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 89, pp. 800-803.
- GEELS, F.W. 2002. «Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case study». *Research Policy*, 31: 1257-1274.
- GEELS, F.W. 2005. «Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective». *Technological Forecasting & Social Change*, 72: 681-696.
- GEELS, F. W. & RAVEN, R. 2006. «Non-linearity and expectations in niche-development trajectories: Ups and downs in Dutch biogas development (1973-2003)». *Technology Analysis and Strategic Management*, 18(3-4): 375-392.
- GEELS, F.W. & SCHOT, J. 2007. «Typology of sociotechnical transition pathways». *Research Policy*, 36(3): 399-417.
- GIBBS, D. 2009. *Eco-industrial Parks and Industrial Ecology: Strategic Niche or Mainstream Development*. In: *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*. Cheltenham: Edward Elgar: 73-102.
- GIBBS, D., DEUTZ, P. & PROCTOR, A. 2005. «Industrial ecology and eco-industrial development: A potential paradigm for local and regional development?». *Regional Studies*, 39: 171-183.
- GRAEDEL, T. & ALLENBY, B. 1995. *Industrial ecology*. Englewood Cliffs, New Jersey.
- HARGROVES, K. & SMITH, M. 2005. *Natural Advantage of Nations*. In: *The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21st Century*. London: Earthscan.
- HEKKERT, M.P., SUURS, R.A.A., NEGRO, S., KUHLMANN, S. & SMITS, R.E. 2007. «Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change». *Technological Forecasting and Social Change*, 74: 413-432.
- HEWES, A.K. & LYONS, D.I. 2008. «The humanistic side of eco-industrial parks: Champions and the role of trust». *Regional Studies*, 42(10): 1329-1342.
- HUBER, J. 2000. «Towards industrial ecology: Sustainable development as a concept of ecological modernization». *Journal of Environmental Policy & Planning*, 2: 269-285.
- KEMP, R., SCHOT, J. W. & HOOGMA, R. 1998. «Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management». *Technology Analysis and Strategic Management*, 10: 175-196.
- KLOIBER, M. & PRIEWASSER, R. 2014. «Managing cross-industry innovations: A search strategy for radical eco-innovations. In: *Eco-Innovation and the Development of Business Models: Lessons from Experience and New Frontiers in Theory and Practice*. Switzerland: Springer International Publishing: 19-37.
- KORHONEN, J. 2001. «Four ecosystem principles for an industrial ecosystem». *Journal of Cleaner Production*, 9: 253-259.
- KORHONEN, J. 2004. «Theory of industrial ecology». *Progress in Industrial Ecology - An International Journal*, 1(1-3): 61-88.
- LOMBARDI, D. R. & LAYBOURN, P. 2012. «Redefining industrial symbiosis: Crossing academic-practitioner boundaries». *Journal of Industrial Ecology*, 16(1): 28-37.
- LOWE, E. 2001. *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. Oakland, Indigo Development.
- MACHIBA, T. 2010. «Eco-innovation for enabling resource efficiency and green growth: development of an analytical framework and preliminary analysis of industry and policy practices». *International Economics and Economic Policy*, 7: 357-370.
- MARKARD, J., RAVEN, R. & TRUFFER, B. 2012. «Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects». *Research Policy*, 41: 955-967.
- MOUZAKITIS, Y., ADAMIDES, E. & GOUTSOS, S. 2003. «Sustainability and industrial estates: The emergence of eco-industrial parks». *Environmental research, Engineering and Management*, 26(4): 85-91.
- OECD. 2009. *Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation: Framework, Practices and Measurement*. Paris.
- OECD. 2010. *Eco-innovation in Industry: Enabling Green Growth*. Paris.
- PAQUIN, R. & HOWARD-GRENVILLE, J. 2009. *Facilitating regional industrial symbiosis: network growth in the UK's national industrial symbiosis programme*. In: *The social embeddedness of industrial ecology*. Cheltenham: Edward Elgar: 103-127.
- RAVEN, R. 2005. *Strategic Niche Management for Biomass*. *Strategic Niche Management for Biomass: A comparative study on the experimental introduction of bioenergy technologies in the Netherlands and Denmark*. Eindhoven University Press.
- RAVEN, R.P. & GEELS, F.W. 2010. «Socio-cognitive evolution in niche development: Comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973-2004)». *Technovation*, 30: 87-99.
- RIP, A. & KEMP, R. 1998. *Technological Change*. In: *Human Choice and Climate Change - Resources and Technology*. Columbus. Battelle Press: 327-399.
- ROTMANS, J. & LOORBACH, D. 2009. «Complexity and transition management». *Journal of Industrial Ecology*, 13(2): 184-196.
- SCHOT, J. & GEELS, F. W., 2008. «Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy». *Technology Analysis and Strategic Management*, 20(5): 537-554.
- SCHOT, J., HOOGMA, R. & ELZEN, B. 1994. «Strategies for shifting technological systems. The case of the automobile system». *Futures*, 10: 1060-1076.

SMITH, A., 2006. «Green niches in sustainable development: The case of organic food in the United Kingdom». *Environment and Planning C*, 24: 439-458.

SMITH, A. & RAVEN, R. 2012. «What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability». *Research Policy*, 41: 1025-1036.

SUSHANDOYO, D. & MAGNUSSON, T. 2014. «Strategic niche management from a business perspective: Taking cleaner vehicle technologies from prototype to series production». *Journal of Cleaner Production*, 74: 17-26.

SUSUR, E., HIDALGO, A. & CHIARONI, D. 2019a. «The emergence of regional industrial ecosystem niches: A conceptual framework and a case study». *Journal of Cleaner Production*, 208: 1642-1657.

SUSUR, E., HIDALGO, A. & CHIARONI, D. 2019b. «A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies». *Resources, Conservation and Recycling*, 140: 338-359.

SUSUR, E., MARTIN-CARRILLO, D., CHIARONI, D. & HIDALGO, A. 2019c. «Unfolding eco-industrial parks through niche experimentation: Insights from three Italian cases». *Journal of Cleaner Production*, 239: 118069.

SUURS, R. & ROELOFS, E. 2014. *Systemic Innovation: Concepts and tools for strengthening National and European Eco-policies*. Delft, TNO .

TRUFFER, B. & COENEN, L. 2012. «Environmental innovation and sustainability transitions in regional studies». *Regional Studies*, 46(1): 1-21.

VALENTINO, A. 2015. *Eco-industrial parks: The international state of art*. In: *Eco-Industrial Parks: A Green and Place Marketing Approach*. Rome, Luiss University Press: 21-42.

VAN DER LAAK, W.W.M., RAVEN, R.P.J.M. & VERBONG, G.P.J. 2007. «Strategic niche management for biofuels: Analysing past experiments for developing new biofuel policies». *Energy Policy*, 35: 3213-3225.

VERBONG, G., CHRISTIAENS, W., RAVEN, R. & BALKEMA, A. 2010. «Strategic Niche Management in an unstable regime: Biomass gasification in India». *Environmental Science and Policy*, 13(4): 272-281.

WEBER, M., HOOGMA, R., LANE, B. & SCHOT, J. 1999. *Experimenting with Sustainable Transport Innovations. A workbook for Strategic Niche Management*. Seville/Enschede, Twente University.