

## Innovar para regenerar: cuando la sostenibilidad se convierte en el motor de la innovación

*Artículo de divulgación académica para la sección Ambiente y Sostenibilidad*

---

**Resumen.** *Durante décadas, los modelos de innovación se han centrado en explicar cómo interactúan universidades, empresas y gobiernos para generar conocimiento, tecnología y crecimiento económico. Sin embargo, los desafíos contemporáneos, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la escasez de agua y la transformación digital acelerada, exigen una nueva forma de entender la innovación. El modelo SPIRAL, propuesto en el artículo The five-blade propeller: An evolutionary model of innovation with sustainability as the rotor, plantea un cambio de paradigma: situar la sostenibilidad en el centro de los procesos innovadores. Este texto sintetiza sus principales aportes en un lenguaje accesible y destaca la necesidad de orientar la innovación hacia la regeneración socioecológica, la justicia intergeneracional y la construcción de comunidades más resilientes.*

**Palabras clave:** innovación sostenible, sostenibilidad, transformación digital, hélices de innovación, regeneración socioecológica.

### El desafío de innovar en un planeta con límites

La innovación suele asociarse con desarrollo tecnológico, competitividad y crecimiento económico. Desde nuevos productos hasta plataformas digitales, innovar se considera casi siempre algo positivo. Sin embargo, la realidad actual obliga a replantear esta visión. La humanidad enfrenta una crisis ambiental sin precedentes. El cambio climático, la degradación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y la presión sobre los recursos naturales muestran que muchos de los modelos de desarrollo que impulsaron el crecimiento económico también han generado impactos ambientales y sociales significativos.

En este contexto surge una pregunta fundamental: ¿para qué innovamos? El artículo The five-blade propeller: An evolutionary model of innovation with sustainability as the rotor, publicado en Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, propone que la innovación no debe orientarse únicamente a producir más, competir

mejor o crecer más rápido. Su propósito debe ser contribuir a la regeneración de los sistemas sociales y ecológicos que sostienen la vida. Esta idea representa un giro relevante para universidades, empresas, gobiernos y comunidades, porque invita a evaluar la innovación no solo por su novedad, sino por su capacidad para crear bienestar dentro de los límites del planeta.

### **De la Triple Hélice a la innovación regenerativa**

Durante las últimas décadas, los llamados modelos de hélices de innovación han sido útiles para explicar la colaboración entre actores. La Triple Hélice permitió comprender la relación entre universidad, empresa y gobierno como motor de desarrollo basado en conocimiento. Más tarde, la Cuádruple Hélice incorporó la participación de la sociedad civil, reconociendo que la innovación requiere legitimidad social, diálogo y coproducción de soluciones. Posteriormente, la Quinta Hélice añadió el medio ambiente como una dimensión relevante para pensar la sostenibilidad.

Estos avances fueron importantes, pero el modelo SPIRAL identifica una limitación persistente: la sostenibilidad suele aparecer como contexto, consecuencia o aspiración, no como principio organizador. Dicho de otro modo, muchos modelos reconocen la importancia del ambiente, pero no lo colocan como eje que regula, orienta y corrige las decisiones del sistema. Por ello, los autores proponen una arquitectura conceptual distinta, capaz de responder a problemas complejos como la crisis climática, la transición energética, la justicia ambiental y la gobernanza de tecnologías emergentes.

### **SPIRAL: la sostenibilidad como rotor del sistema**

La metáfora central del modelo es sencilla y poderosa: imaginar la innovación como una hélice de cinco aspas impulsada por un rotor. En una hélice real, el rotor no es una pieza decorativa; es el componente que da dirección, movimiento y sincronía. De manera análoga, SPIRAL coloca la sostenibilidad en el centro del ecosistema de innovación. La sostenibilidad funciona como motor dinámico, criterio normativo y mecanismo regulador.

Las cinco aspas del modelo son academia, industria, gobierno, sociedad civil y transformación digital. Cada una cumple una función específica: la academia genera conocimiento y forma capacidades; la industria transforma procesos, productos y modelos de negocio; el gobierno establece políticas, incentivos y marcos regulatorios; la sociedad civil aporta legitimidad, vigilancia y conocimiento territorial; y la transformación digital habilita trazabilidad, coordinación, datos y nuevas formas de gobernanza. Lo relevante es que ninguna de estas aspas debería operar desconectada de la sostenibilidad. Innovar, desde esta mirada, significa coordinar actores para producir soluciones compatibles con los límites ecológicos y con la dignidad social.

### **Transformación digital: oportunidad y responsabilidad**

Uno de los aportes más actuales del modelo SPIRAL es reconocer la transformación digital como una fuerza estructural. Tecnologías como inteligencia artificial, internet de las cosas, análisis masivo de datos, blockchain o robótica pueden mejorar la eficiencia, monitorear recursos, transparentar cadenas de valor y facilitar decisiones basadas en evidencia. Por ejemplo, pueden contribuir a medir emisiones, optimizar el uso de agua, monitorear biodiversidad o fortalecer plataformas de participación ciudadana.

No obstante, la digitalización también plantea riesgos. El consumo energético de ciertas tecnologías, la concentración de datos, la brecha digital y los dilemas éticos asociados con algoritmos muestran que no toda innovación digital es automáticamente sostenible. Por eso, SPIRAL no celebra la tecnología por sí misma, sino que propone evaluarla desde su contribución a la regeneración socioecológica. La pregunta central no es únicamente si una herramienta digital es eficiente, sino si ayuda a construir sistemas más justos, resilientes y ambientalmente responsables.

### **Retroalimentación ecológica: aprender de las señales del entorno**

Otro elemento clave del modelo es la retroalimentación ecológica. En muchos procesos de innovación, los impactos ambientales se observan demasiado tarde o se tratan como externalidades. SPIRAL propone incorporarlos como señales internas del sistema. Indicadores como emisiones, disponibilidad de agua, erosión de suelos, pérdida de

biodiversidad o calidad del aire deben funcionar como información que guía decisiones, corrige trayectorias y evita daños acumulativos.

Esta idea es especialmente relevante para territorios con alta presión ambiental y social. Cuando la sostenibilidad actúa como rotor, las decisiones de inversión, investigación, política pública o adopción tecnológica no se valoran solo por su rentabilidad o novedad, sino por su coherencia con la vida. Así, la innovación deja de ser un proceso lineal y se convierte en un sistema adaptativo que aprende continuamente de sus efectos en la sociedad y la naturaleza.

### **Implicaciones para universidades, empresas, gobiernos y comunidades**

El modelo SPIRAL tiene implicaciones prácticas. Para las universidades, significa orientar la investigación, la docencia y la vinculación hacia problemas complejos que requieren enfoques interdisciplinarios. Las instituciones educativas pueden ser espacios donde se formen profesionales capaces de integrar conocimiento técnico, sensibilidad social y responsabilidad ambiental.

Para las empresas, el modelo invita a revisar procesos productivos, cadenas de suministro y modelos de negocio bajo criterios de circularidad, descarbonización y valor compartido. Para los gobiernos, implica diseñar políticas públicas con visión de largo plazo, indicadores ambientales claros y mecanismos de participación. Para la sociedad civil, abre un papel activo en la vigilancia, la cocreación de soluciones y la defensa de bienes comunes.

En conjunto, SPIRAL propone que la innovación no sea una carrera aislada por generar novedades, sino una tarea colectiva orientada a sostener y regenerar los sistemas que hacen posible la vida social, económica y ambiental.

### **Conclusión**

La sostenibilidad ya no puede entenderse como un complemento de la innovación. Los desafíos del siglo XXI exigen que se convierta en el criterio central que oriente la creación de tecnologías, políticas públicas, modelos de negocio y estrategias de desarrollo. El modelo SPIRAL ofrece una contribución valiosa porque cambia la

pregunta de fondo: no basta con saber qué tan innovadora es una solución; es necesario saber qué tan regenerativa, justa y compatible con los límites del planeta puede llegar a ser.

Más que impulsar el crecimiento por sí mismo, la innovación del futuro deberá fortalecer comunidades, restaurar ecosistemas, democratizar conocimiento y reducir desigualdades. En ese sentido, la gran innovación de nuestro tiempo quizá no consista únicamente en crear nuevas tecnologías, sino en aprender a innovar con responsabilidad, dentro de los límites ecológicos y en armonía con las generaciones presentes y futuras.

### Síntesis divulgativa del modelo SPIRAL

| Componente             | Función en el modelo                                        | Aporte a la sostenibilidad                                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rotor: sostenibilidad  | Da dirección, regula y sincroniza el sistema de innovación. | Convierte los límites ecológicos y la justicia intergeneracional en criterios de decisión. |
| Academia               | Genera conocimiento, capacidades y evidencia científica.    | Forma profesionales y soluciones orientadas a problemas socioambientales.                  |
| Industria              | Transforma procesos, productos y modelos de negocio.        | Impulsa circularidad, eficiencia, descarbonización y valor compartido.                     |
| Gobierno               | Coordina políticas, incentivos y regulación.                | Alinea la innovación con metas públicas y protección de bienes comunes.                    |
| Sociedad civil         | Participa, vigila y legitima las soluciones.                | Aporta conocimiento territorial, justicia ambiental y corresponsabilidad.                  |
| Transformación digital | Habilita datos, trazabilidad y coordinación.                | Permite monitoreo ambiental, transparencia y gobernanza responsable.                       |

### Referencias

- López-de-Alba, P. L., Rodríguez-Carvajal, R. A., Isiordia-Lachica, P. C., Villarreal Segoviano, F. J., Romero Hidalgo, J. A., & Trejoluna Puente, O. (2026). The five-blade propeller: An evolutionary model of innovation with sustainability as the

- rotor (SPIRAL). Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 12, 100738. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2026.100738>
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. J. (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 1, 2. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
  - IPCC. (2022). Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
  - Rockström, J., et al. (2023). Safe and just Earth system boundaries. Nature, 619, 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>

### **Sobre los autores**

**Ricardo Alberto Rodríguez-Carvajal, Pedro Luis López de Alba, Paula Isiordia Lachica**

Grado académico e institución de procedencia: Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad de Guanajuato

Cargo e institución donde labora: Profesor Investigador- Coordinador de la Maestría en Gestión e Innovación Tecnológica

Breve reseña curricular: Profesor investigador por más de 26 años, cultivando la línea de investigación en Gestión del conocimiento e innovación para la transferencia tecnológica, ha participado en la iniciativa privada como director de Innovación y Desarrollo de Nuevos productos en Grupo Industrial SOGO, ha dirigido más de 8 tesis de Doctorado, 19 de maestría y 40 de licenciatura, ha escrito más de 50 artículos científicos y de divulgación, 19 capítulos de libro y autor de 4 libros.