

# Minería sostenible en el siglo XXI: una ventana de oportunidad para Latinoamérica. Acelerar y orquestar los ecosistemas de innovación para afrontar retos complejos

LAS ECONOMÍAS LATINOAMERICANAS EXPERIMENTAN ACTUALMENTE UN FRENO EN SU AVANCE HACIA ECONOMÍAS AVANZADAS Y DEMOCRACIAS ESTABLES. PRESENTAMOS AQUÍ UNA OPORTUNIDAD PARA LA MINERÍA

---

PABLO VEGA BUCCICARDI  
[pvega@cive.cl](mailto:pvega@cive.cl)

---

Las economías de Latinoamérica en la actualidad se enfrentan a un freno en su avance hacia economías avanzadas y democracias estables. Hasta 2014 los buenos resultados habían despertado expectativas positivas: se estaba escapando de la trampa de países de ingreso medio. Como consecuencia, parecía posible pensar en una estrategia de desarrollo estable y exitosa a futuro para América Latina, con un sólido crecimiento económico, con menor desigualdad y mayor protección social para los grupos más

.....  
**Ese periodo de buena gestión económica permitió controlar la inflación y el desempleo, y disminuir la pobreza y desigualdad**

---

vulnerables. Sin embargo, la situación actual presenta altos niveles de complejidad.

## 1. CONTEXTO LATINOAMERICANO Y LA TRAMPA DEL INGRESO MEDIO

Los datos del Banco Mundial referentes a la década 2003-2013 parecían confirmar una visión optimista del futuro: el PIB per cápita de Latinoamérica crecía, un 2,4% al año, promedio muy superior al de los países de la OCDE, cercanos al 0,9% anual. Este hecho era consecuencia de un gran auge de la economía mundial, particularmente de un aumento de la demanda de *commodities* y, sobre todo, de la fuerte expansión de la economía china. El aumento

fue especialmente importante en países con un fuerte peso económico en la zona como Brasil, Chile y Argentina.

Por otro lado, ese periodo de buena gestión económica permitió a los países controlar la inflación, algo que había sido particularmente difícil para la región. Si comparamos el periodo 1990-2002 con la década 2003-2013 se observa que la inflación promedio anual fue 6 puntos menor que en el periodo anterior para América Latina. De igual forma, el desempleo se mantuvo en un promedio en torno a 7,3%, muy cercano al 7,1% de los países de la OCDE para el periodo. Más importante aún es que esta época de crecimiento económico

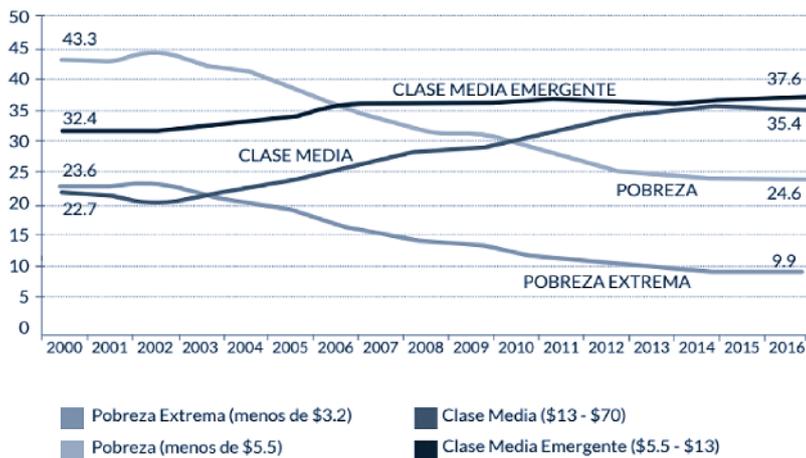
motivó una disminución de la pobreza y desigualdad. La figura 1 muestra la evolución de la distribución de la población por grupo socioeconómico para un total de 17 países de Latinoamérica. Los umbrales<sup>1</sup> de los grupos socioeconómicos se basan en el ingreso per cápita en dólares y en el poder de paridad de adquisitivo<sup>2</sup> (PPA) equivalente a 2011. Se puede observar que la pobreza disminuyó del 43% al 25% entre 2003 y 2013 en la región. Algunos países lo hicieron excepcionalmente bien, como es el caso de Uruguay, donde la pobreza pasó de ser del 32,5% en 2006 al 9,4% en 2016 y; la pobreza extrema se redujo del 2,5% al 0,3% para el mismo periodo.

Estos buenos resultados permitieron a la clase media emergente estabilizarse, logrando alcanzar, en el caso de Uruguay, el 60%, la cifra más alta de Latinoamérica<sup>3</sup>. Argentina presenta el caso contrario: después de lograr reducir considerablemente la pobreza en la década del 2000, rompió la tendencia y una proporción alta de la clase media más vulnerable volvió a la pobreza. Según las estadísticas oficiales presentadas por el Banco Mundial, el año 2018 el 27,3% de los argentinos vivía en la pobreza, mientras que el 4,9% se encontraba en situación de pobreza extrema.

1. Línea de extrema pobreza (menos de 3,2 US\$ al día); línea de pobreza (menos de 5,5 US\$ al día); clase media emergente (5,5-13 US\$ al día); clase Media (13-70 US\$ al día).  
 2. La paridad de poder adquisitivo (PPA) es un indicador que se utiliza para poder comparar de manera consistente el nivel de vida de distintos países.  
 3. Banco Mundial, El Banco Mundial en Uruguay, 2017, Montevideo, Uruguay.

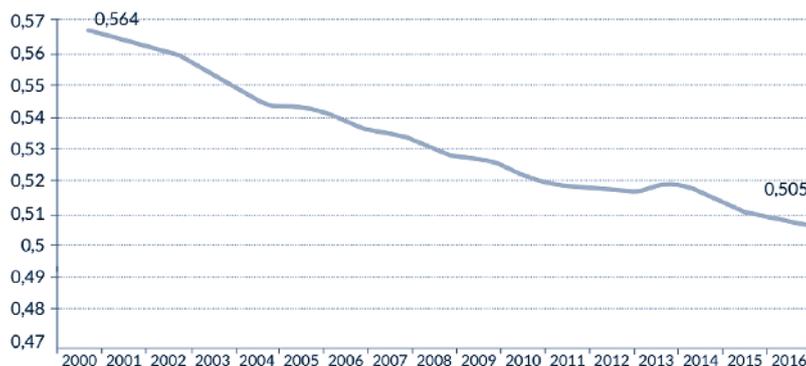
La desaceleración de la economía mundial y las crisis económicas internas han afectado fuertemente a la región desde el año 2014

FIGURA 1. Pobreza, Clase Media Emergente y Clase Media (2000-2016).



Fuente: Lac Equity Lab tabulados de SEDLAC (Banco Mundial)

FIGURA 2. Coeficiente de Gini (2000-2016).



Fuente: Lac Equity Lab tabulados de SEDLAC (Banco Mundial)

De igual forma, se produjo un aumento del gasto social en América Latina. Esto, sumado al incremento de los ingresos en los sectores más bajos de la distribución, permitió una importante disminución de la desigualdad medida por el coeficiente de Gini. Se observa en el gráfico siguiente (figura 2) que el coeficiente bajó de manera considerable casi un 10%, pasando de 0,564 en 2000 a 0,505 en 2016. Sin embargo, la situación en América Latina ha cambiado en los

últimos años. La desaceleración de la economía mundial y las crisis económicas internas han afectado fuertemente a la región desde el año 2014. En relación al PIB per cápita se observa que, desde el año 1990, la región se encontraba cada vez más lejos de alcanzar los niveles de ingreso por habitante de economías avanzadas. Esto cambió a partir del año 2003, cuando el PIB per cápita de los países de Latinoamérica empezó a subir y pasó de ser el 34% respecto al de los países OCDE, a un 40% en el año 2013.



inseguridad alimentaria seguirán aumentando. (Cepal, 2022)

Un tercer elemento son las tendencias de la competitividad regional afectadas por las diferentes velocidades del repunte económico que siguió a la fase aguda de la pandemia del COVID-19. La figura 5 presenta la tendencia de la clasificación de competitividad general subregional para los años 2018 hasta 2022. Las regiones latinoamericanas permanecen relativamente estancadas o disminución de sus posiciones promedio generales.

Ante el contexto y las consecuencias descritas anteriormente, “Latinoamérica tiene dos desafíos complejos. Por una parte, comprender que no existen empresas exitosas en sociedades fracasadas y, por otro lado, entender que, si no se desacopla el crecimiento económico del impacto ambiental, se acentuarán graves problemas económicos, sociales y políticos”. (Vega, 2021: 24).

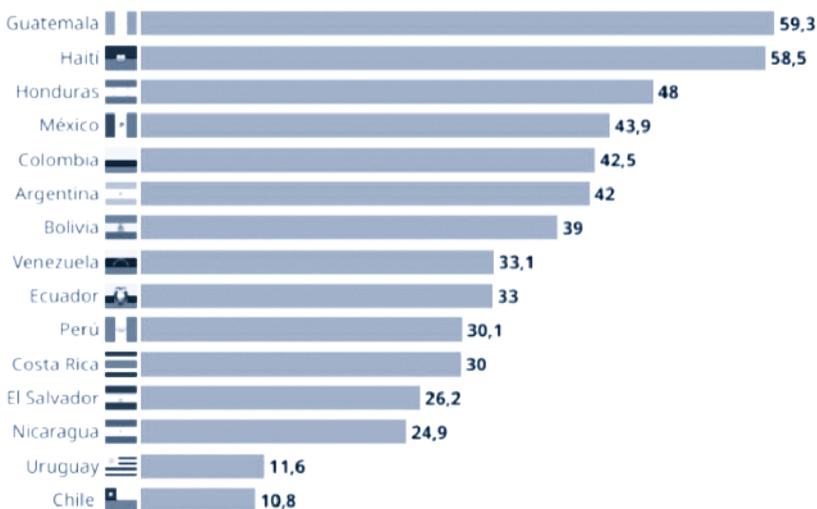
**2. ACELERAR Y ORQUESTAR LOS ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN PARA AFRONTAR DESAFÍOS COMPLEJOS**

Un camino posible para afrontar la trampa de los ingresos medios tiene relación con los ecosistemas de innovación (EI).

Se relaciona con la capacidad o agilidad de capturar oportunidades orquestando o articulando la red de valor (Ruelas-Gossi, 2016) que componen los territorios a través de la colaboración como eje de principal de cualquier dinámica social saludable y sostenible (Tedesco y Serrano, 2019).

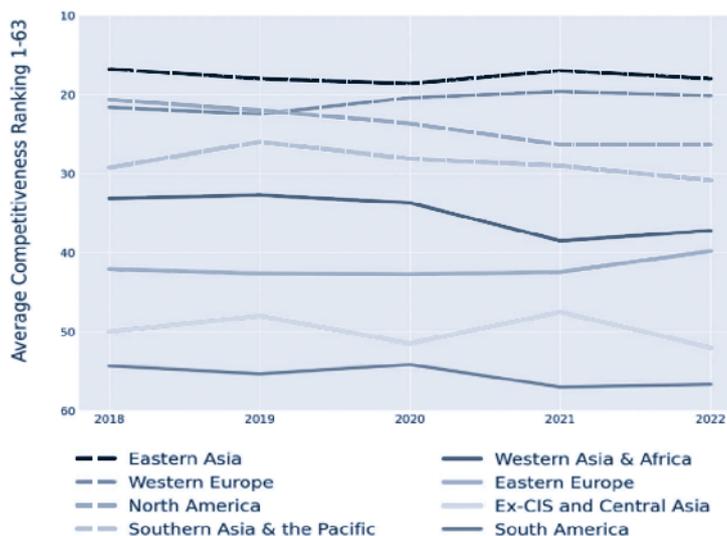
Con agilidad, los autores no se refieren a hacer más de lo mismo, un poco más rápido o mejor, sino como la capacidad de una empresa para aprovechar consistentemente

**FIGURA 4.** Porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza 2022.



Fuente: Cepal (2022)

**FIGURA 5.** Posiciones promedio de clasificación por región en Competitividad General 2018-2022.



Fuente: IMD World Competitiveness Center (2022)

oportunidades emergentes, más rápida y de forma eficaz. El desafío de la agilidad estratégica es aprovechar la oportunidad, no sólo verla. Eso implica que las organizaciones resuelvan anomalías en el mercado, articulando

un nuevo conjunto de recursos y coordinándolo en combinaciones novedosas.

Este artículo propone un camino posible para mejorar la comprensión de la dinámica social de los ecosistemas. Basado en la Teoría

Si no se desacopla el crecimiento económico del impacto ambiental, se acentuarán los problemas económicos, sociales y políticos

Las relaciones de colaboración entre actores aumentan el equilibrio y resiliencia de los ecosistemas de innovación

de Sistemas Complejos como un enfoque unificador para describir y explicar los componentes y la condición estructural en cualquier ecosistema, ya sea biológico o económico, el investigador del MIT D-Lab, Marcelo Tedesco, subraya que “tales condiciones estructurales tienden hacia el equilibrio cuando se construyen principalmente a través de mecanismos colaborativos” (Tedesco, 2022: 1). La definición de ecosistema de innovación local de Elizabeth Hoffecker, investigadora del MIT D-Lab, permite comprender en profundidad esta dinámica social: “una comunidad de actores interconectados, basados en un lugar específico, quienes interactúan con el fin de crear innovación y de apoyar a procesos de innovación, junto con la infraestructura y el entorno propicio que les permite desarrollar y difundir soluciones a desafíos locales” (Hoffecker, 2019: 9).

Integrando el enfoque de la Teoría de Sistemas Complejos con los desarrollos del MIT D-Lab sobre el modelo de ecosistemas económicos basados en actores, es posible identificar los siguientes componentes de un ecosistema de innovación:

- Las *organizaciones* que constituyen la estructura central de un ecosistema de innovación.
- La perspectiva de *actores* (clasificados por sus roles, atributos y necesidades), *valor* que éste produce para el ecosistema y las *dinámicas sociales* entre estos que proporciona la posibilidad de crecimiento de un ecosistema maduro.
- Los *recursos* (naturales, humanos, financieros, sociales y geográficos).
- El *medio ambiente* (mercado, cultura e instituciones, políticas públicas y regulaciones).

La utilidad de la comprensión del tema y los componentes de la aceleración y orquestación de los EI radica en la importancia de la colaboración para enfrentar contextos complejos. A este respecto Bunge (2014) subraya que todo lo que ha impulsado el desarrollo en este mundo es más un producto de la colaboración que una competencia. Mientras tanto, Moore (1993) explica que el crecimiento no existe en una comunidad sin la coevolución de sus miembros. Considerando que la salud o madurez, así como las estructuras del ecosistema de innovación estarán determinadas por los elementos anteriores, Tedesco (2022), propone tres aspectos fundamentales que permiten fortalecer un EI:

1. La eficiencia de la comunicación entre diferentes actores (elementos) y su capacidad de colaboración.
2. La robustez de la estructura ecosistémica.
3. La resiliencia estructural del ecosistema, tanto la adaptabilidad al cambio como su capacidad para prevenir colapsos (capacidad homeostática).

En resumen, las relaciones de colaboración entre actores proporcionan las características requeridas para aumentar el equilibrio y resiliencia de los ecosistemas de innovación (Tedesco, 2022). Esto es relevante para comprender los aspectos que impactan en la madurez y estructura de los ecosistemas de Latinoamérica.

### 3. UN EJEMPLO DE ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN: LA MINERÍA SOSTENIBLE Y LA MALDICIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

La minería es una clara ventana de oportunidad para Latinoamérica en el siglo XXI. Actualmente el número de consumidores

ha aumentado y, por otro lado, la transición a la sostenibilidad ambiental está en curso. Ese espacio es importante para los recursos naturales y las industrias de procesamiento.

Latinoamérica cuenta con abundancia de recursos naturales de todo tipo. Tiene experiencia adquirida en minería, petróleo, agricultura, forestal, pesca, etc. Es decir, en el aprovechamiento de esos recursos, pero también tiene experiencia en procesos como agroindustria, metalurgia, química, cemento, etc.

Por otra parte, actualmente existen nuevas fuerzas que impulsan la innovación con base en recursos naturales. Una de ellas es la hiper-segmentación y diferenciación. Los materiales a pedidos biodegradables, los alimentos orgánicos, los alimentos gourmet, el rescate del sabor y el valor nutritivo de las frutas. La productividad del campo, pesticidas naturales, combustibles limpios. Todo eso está siendo requerido por unos mercados cambiantes precisamente por la cuestión ambiental. Aprovechar la hiper-segmentación de los mercados para multiplicar la infraestructura técnica es un desafío para Latinoamérica. Si tomamos las grandes empresas extractoras y/o procesadoras de recursos naturales extranjeras o nacionales con sus actuales mercados de exportación, se pueden identificar ecosistemas económicos de innovación locales de empresas o instituciones de investigación de producción y servicio de alta tecnología. Estas a su vez tienen vínculos con empresas o instituciones extranjeras de investigación de alta tecnología. Esta combinación permite que las grandes empresas puedan ofrecer nuevos productos gracias

a esta cooperación y, por otro lado, que las empresas experimenten esos productos localmente antes de exportar. Entonces se generan productos para el desarrollo.

**Dimensiones de la ventana de oportunidad para la Minería Sostenible**

El último informe del Grupo Inter-gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha alertado de que “a menos que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan de manera inmediata, rápida y a gran escala, limitar el calentamiento a cerca de 1,5°C o incluso a 2°C será un objetivo inalcanzable” (IPCC, 2021). Para contener el incremento de los gases de efecto invernadero, mitigar el cambio climático y adaptarse a él los minerales y metales tendrán un rol fundamental.

Para aprovechar esa oportunidad de la minería sostenible un aspecto clave es la estimación de la demanda de minerales y metales para la meta de 1,5°C. El Banco Mundial considera que se requerirán 3000 millones de toneladas de minerales y metales en 2050 para implementar la energía eólica, solar y geotérmica, así como para el almacenamiento de energía (baterías). Se apunta a lograr una reducción de la temperatura por debajo de los 2°C en línea con los compromisos de París (Hund et al., 2020).

Las posibilidades de la minería crecen aún más como ruta de desarrollo. Porque ahora el que tenga energía limpia, relativamente abundante y con costos competitivos tiene ventajas importantes en cualquier proceso que sea intensivo en energía.

**Vamos a la acción**

Los desafíos de la minería son los mismos que tiene el planeta, los

Quien tenga energía limpia, relativamente abundante y con costos competitivos tiene ventajas importantes en cualquier proceso que sea intensivo en energía

**FIGURA 6.** La minería como plataforma de innovación para enfrentar desafíos comunes.



Fuente: Pérez (2022)

**FIGURA 7.** Soluciones mineras de impacto climático.

Suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desaladora e infraestructura hídrica compartida</li> <li>• Gestión integrada de cuencas</li> <li>• Soluciones basadas en el equilibrio natural con bosques o cuencas</li> </ul>
Transporte eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electricidad limpia y sistemas de recarga</li> <li>• Baterías y celdas de combustible con hidrógeno</li> <li>• Reconversión y reciclaje de equipos</li> </ul>
Energía renovable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrógeno verde</li> <li>• Trazabilidad de emisiones. Captura de CO2 y otros gases o compensación con otras cosas que permitan reducir CO2 los combustibles fósiles</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

países y sus territorios. La figura 6 muestra que es crucial buscar acuerdos sobre metas, soluciones e innovaciones, contando con un marco institucional y un sistema de financiamiento orientado a lograr soluciones comunes.

La minería puede realizar inversiones, como describe la figura 7, dirigidas a resolver los problemas de un país, además de cumplir con las regulaciones, en la medida en

que su actividad sea suficientemente rentable.

Realizar estas soluciones abre caminos de éxito compartido. Así, es posible visualizar la minería como parte de una estrategia de desarrollo sostenible.

**Acelerar y orquestar dos ámbitos de acción**

1. Nueva comprensión de la minería sostenible

|||||

**Una minería sostenible no se propone solo generar divisas e ingresos fiscales, sino cuidar y mejorar el contexto ambiental y social**

El propósito de la minería sostenible no es sólo generar divisas e ingresos fiscales, sino también cuidar y mejorar el contexto ambiental y el contexto social. Eso requiere comprender una actividad que se propone desde el inicio minimizar emisiones y residuos (economía circular), gestionar y cuidar la biodiversidad local, gestionar el agua del modo integrado eficiente e incluyente, usar energías renovables, impulsar el aumento de proveedores locales tanto de baja como de alta tecnología y, finalmente, insertarse en el territorio como proyecto de desarrollo.

**2. Repensar audazmente la institucionalidad**

Carlota Pérez, destacada investigadora de University College London, señala que las revoluciones tecnológicas requieren innovaciones institucionales para adecuarse al nuevo potencial. No se puede gestionar el futuro con las instituciones de ayer. Las viejas pirámides burocráticas de las grandes corporaciones han sido convertidas en complejas redes flexibles en intensa interacción, tanto interna como con proveedores y clientes con una gran agilidad para cumplir con su propósito (Pérez, 2022).

Los gobiernos también deberán diseñar e implantar un nuevo modelo de intervención, basado en consensos a todos los niveles y con todos los actores nacionales, internacionales, locales, empresariales, sociales y comunitarios.

Por tanto, se necesita un nuevo diseño de políticas públicas (ni proteccionismo ni libre mercado desatado) basado en consenso y promoción activa que permita:

- Hacer de cada proyecto minero un plan de desarrollo nacional y de la localidad.
- Una regulación y tratamiento

fiscal que incentiven el óptimo procesamiento local y la sustentabilidad.

- Establecer un intenso plan de formación de capital humano especializado, tanto local como en el exterior.
- Crear una nueva institucionalidad promotora de consensos nacionales y locales.
- Crear nuevos modelos de asociación público-privada.

**Lecciones aprendidas de este ejemplo minero**

Este ejemplo de minería sostenible evidencia la posibilidad de acelerar y orquestar ecosistemas de innovación a través de la captura de oportunidades, articulando la red de valor que componen los territorios.

En primer lugar, debería reflexionarse sobre los desafíos pendientes en la región. El tema central debería ser la calidad de las instituciones, su transparencia, probidad y *accountability* en áreas claves en países de renta media en Latinoamérica. A ese respecto Acemoglu y Robinson afirman que los países fracasan porque tienen instituciones extractivas que viven en un constante círculo vicioso y que no cuentan con recursos lo suficientemente recurrentes como para mantener a su población con un estatus de vida cómodo (Acemoglu y Robinson, 2012).

En segundo lugar, y en relación con la mejora del valor basado en la sofisticación de los recursos presentes de manera distintiva en todas las regiones mineras de Latinoamérica, Ruelas-Gossi subraya que “Una estrategia de desarrollo basada en la mejora del valor es superior a una estrategia basada en la mera reducción de costes” (Ruelas-Gossi, 2017: 12-13).

La minería sostenible evidencia la

posibilidad de acelerar y orquestar ecosistemas de innovación a través de la captura de oportunidades que se generan articulando la red de valor que componen los territorios.

**CONCLUSIONES**

Los países latinoamericanos afrontan el desafío de sortear la trampa de los ingresos medios. Eso impone un sentido de urgencia no sólo a los responsables públicos que gobiernan, sino también a los actores privados y de la sociedad civil que son motores de crecimiento y bienestar.

En el nuevo escenario de freno del crecimiento y de descrédito de las instituciones, se debilita, también, la capacidad de construir acuerdos políticos y sociales amplios que habían permitido llevar adelante, desde la década de los noventa, las reformas económicas y sociales que fueron esenciales para impulsar el crecimiento. La clase política latinoamericana compite más bien por dar respuestas de corto plazo que satisfagan a clientelas específicas, perdiéndose la mirada estratégica que es la que permitió empezar a salir de la trampa en la década anterior.

El fortalecimiento de las instituciones, la capacidad de innovar para aumentar la productividad, la mejora de la calidad de los recursos humanos y la capacidad de colaboración dentro de los países serán vitales para iniciar una nueva etapa que permita a América Latina salir de la trampa de los países de renta media.

El ejemplo expuesto sobre la minería ofrece una “ventana de oportunidad para Latinoamérica”. (Vega, 2022: 25). Sin embargo, no hay tiempo que perder. La ventana de oportunidad se aprovecha mejor entrando temprano, marcando la pauta y colaborando.

Hoy en Latinoamérica es posible hacer más y mejor minería. Para abordar la complejidad de este reto, el enfoque de ecosistemas de innovación puede ser muy útil. Un ecosistema es multisectorial, pero fundamentalmente, impacta en distintos territorios y actores.

Se define, sobre todo, porque sus activos y agentes mantienen relaciones reales y transparentes. Así se genera una microeconomía de recursos, ideas, conocimientos y relaciones personales. Los ecosistemas de innovación son un camino posible para afrontar

**No hay tiempo que perder. La ventana de oportunidad se aprovecha mejor entrando temprano, marcando la pauta y colaborando**

los desafíos anteriormente expuestos de una forma colaborativa y que permita cerrar las brechas de desarrollo, pobreza y competitividad. Esa es la importancia de capturar las oportunidades y orquestar la red de valor que compone la complejidad de un territorio ●

**BIBLIOGRAFÍA:** Acemoglu, Daron y Robinson, James (2012). Por qué fracasan los países. Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza, Barcelona: Ediciones Deusto; Banco Mundial (2016). Indicadores del desarrollo mundial. World Data Bank. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>; Bunge, Mario (2014). Pseudociencia e Ideología. Madrid: Siglo XXI Editores; Cepal (2022). La paradoja de la recuperación en América Latina y el Caribe. Crecimiento con persistentes problemas estructurales: desigualdad, pobreza, poca inversión y baja productividad. New York: Editorial Cepal. 42-49; Colegio de Ingenieros de Chile (2017). Proyecto País de Desarrollo de Chile horizonte 2040. Publicación Colegio de Ingenieros; Foxley, Alejandro (2012). La trampa del ingreso medio. El desafío de esta década para América Latina. Santiago: Corporación de Estudios para América Latina-CIEPLAN; Foxley, Alejandro (2018). La trampa de los países de ingreso medio: desafíos para la cooperación. Revista Pensamiento Iberoamericano 7. <https://issuu.com/segibpdf/docs/02-af>; FMI (2009). Perspectivas económicas: las Américas. Washington D. C.: FMI. Fondo Monetario Internacional; Hoffecker, Elizabeth (2019). Understanding Innovation Ecosystems: A Framework for Joint Analysis and Action. Cambridge, MA: MIT D-Lab; IMD (2022). IMD World Competitiveness Booklet 2022. Switzerland: IMD-International Institute for Management Development; IPCC (2021). Comunicado de prensa del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático (IPCC). [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC\\_WGI-AR6-Press-Release\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_en.pdf); Moore, James F. (1993). Predators and Prey: A New Ecology of Competition. Harvard Business Review, 71.75-86. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10126156/>; Pérez, Carlota (2022). Evento BID: Minería Sostenible: Oportunidades y desafíos para América Latina. <https://youtu.be/0ZBl5sVMGAo>; PNUD (2022). The 2021/2022 Human Development Report. New York, USA. United Nations Development Programme; Ruelas-Gossi, Alejandro; Sull, Donald N. (2006). Strategic Orchestration. Harvard Business Review. Nov. 1-10. <https://strategyzing.com/wp-content/uploads/2021/03/Strategy-Orchestration-HBR-LA-Ruelas-Gossi-Sull..pdf>; Ruelas-Gossi, Alejandro (2017). Race-to-the-Top Strategy Paradigm. University of Miami. 17(4). 10-13. <https://doi.org/10.46697/001c.16850>; Tedesco, Marcelo S.; Serrano, Tania (2019). Roles, Valores y Dinámicas Sociales, una nueva aproximación para describir y entender ecosistemas económicos. Cambridge: MIT D-Lab; Tedesco, Marcelo S. (2022). How and why to study collaboration at the level of economic ecosystems. D-Lab Working Papers: NDIR Working Paper 03. Cambridge, MA: MIT D-Lab; Vega, Pablo (2021). Economía circular 4.0. Habilitantes estratégicos y las oportunidades de transformación para Latinoamérica y Ecuador. Revista Connect, 7. 26-39. <https://www.cedia.edu.ec/assets/docs/publicaciones/revistas/CONNECT%20N7.pdf>; Vega, Pablo (2022). Minería sostenible y el nuevo relato: una ventana de oportunidad para Latinoamérica en el siglo XXI. Revista Stakeholders, 141. 24-25. <https://stakeholders.com.pe/wp-content/uploads/2022/09/edicion-141.pdf>