

IDEAS PARA AGENDAS EMERGENTES



07 Uruguay en la economía del conocimiento: desafíos ante la transición verde y digital

Autoría:

Carlos Bianchi,¹
Pablo Galaso,¹
María de las Mercedes Menéndez,²
Adrián Rodríguez Miranda¹

© PNUD Uruguay, 2025

ISBN:

978-92-95114-70-8

Diseño editorial:

Estudio Di Candia

Corrección de estilo:

Majo Caramés

Impresión:

Mastergraf

Depósito legal:

Esta publicación es el séptimo número de la serie *IDEAS para agendas emergentes* que edita el PNUD en Uruguay. Según las normas aplicadas por el PNUD en todo el mundo, las autoras y autores de estas investigaciones gozan de completa independencia editorial y aplican criterios de objetividad e imparcialidad en sus análisis.

Los puntos de vista, las designaciones y las recomendaciones presentadas en este informe no reflejan necesariamente la postura oficial del PNUD. Se agradece la difusión y reproducción en cualquier medio, con indicación de la fuente.

El uso genérico del masculino que se utiliza en esta publicación responde a la intención de simplificar la redacción y disminuir la sobrecarga en la lectura. Por lo tanto, de ninguna manera pretende constituir una discriminación entre mujeres y varones, lo cual es una preocupación para este equipo de trabajo.

1 Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República.

2 United Nations University–Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT).

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Introducción | 7 |
| 1. Doble transición, definiciones y tendencias a nivel global | 11 |
| 1.1. Transición verde, digital y doble transición | 14 |
| 1.2. América Latina: principales debates y estrategias de cara a la doble transición | 21 |
| 1.3. Síntesis: impulsores y barreras para la doble transición | 33 |
| 2. Uruguay ante la transición verde y digital | 37 |
| 2.1. Transición verde: desafíos y señales de avances en Uruguay | 37 |
| 2.2. Transición digital: desafíos y señales de avances en Uruguay | 54 |
| 2.3. Señales de doble transición en Uruguay | 63 |
| 3. Síntesis y contribuciones para el debate público | 65 |
| Referencias | 71 |

Prólogo

La humanidad transita un momento bisagra. La aceleración simultánea de cambios globales como las crisis climáticas, disrupciones tecnológicas, fragmentaciones sociales y la polarización geopolítica nos obliga a repensar no solo nuestras prioridades, sino también el modelo de desarrollo que las orienta. En ese contexto, la llamada doble transición —verde y digital— ha emergido como catalizadora de transformación a escala global. El verdadero desafío al que hoy nos enfrentamos es transitar estos procesos y también asegurarnos de que se haga con justicia, inclusión y sostenibilidad.

Para América Latina, una región con alta desigualdad estructural, baja productividad y vulnerabilidad climática, las transiciones gemelas pueden ser una trampa o una palanca. De ahí la urgencia de debatir, con evidencia y visión de futuro, qué capacidades institucionales y sociales debemos fortalecer para que este proceso sea verdaderamente justo, inclusivo y sostenible. Como advierte el reciente informe regional del PNUD *Bajo presión: Recalibrando el futuro del desarrollo en América Latina y el Caribe*, el desarrollo humano necesita hoy una nueva guía: una que acepte la complejidad, reconozca la incertidumbre y ponga en el centro la agencia de las personas.

En las últimas décadas, Uruguay ha demostrado una capacidad notable para impulsar transformaciones profundas. Su apuesta por las energías renovables, la digitalización educativa, la inclusión financiera y la innovación institucional refleja una sociedad que ha sabido anticiparse y adaptarse. Sin embargo, los logros significativos alcanzados hasta el momento deberán enfrentar un entorno cada vez más volátil e imprevisible, lo que genera incertidumbre, que, lejos de ser una excepción, se ha vuelto una condición estructural del presente.

Este documento aporta elementos claves para comprender los desafíos y las oportunidades que plantea esta nueva etapa, proponiendo herramientas que permiten ver la doble transición como un punto de inflexión profundo en la transformación de nuestras sociedades. En él, lo que está en juego no es solo la competitividad de

nuestras economías, sino el marco de desarrollo, ciudadanía y convivencia, cuyos logros queremos consolidar y seguir construyendo.

Uruguay cuenta con activos relevantes para superar este desafío, así como con experiencias valiosas en campos claves. Al mismo tiempo, enfrenta tensiones persistentes que exigen enfoques integrados y visión estratégica. Esta publicación busca precisamente iluminar ese terreno de contradicciones y posibilidades. Lo hace con el convencimiento de que la acción pública, cuando se nutre de evidencia, innovación, diálogo y cooperación, puede ser una herramienta poderosa para moldear futuros más deseables y duraderos.

6

En el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Uruguay, entendemos que avanzar hacia un desarrollo verdaderamente sostenible frente a los nuevos desafíos globales requiere generar conocimiento útil, promover la colaboración entre sectores, fortalecer capacidades locales y fomentar una conversación plural, informada y transformadora.

Esta publicación es una invitación a mirar más allá de los indicadores tradicionales, a pensar en clave de largo plazo y a poner en el centro a las personas. Porque la doble transición no es un destino monolítico y predeterminado, sino un proyecto colectivo que se construye y se moldea a partir de nuestras decisiones, capacidades y alianzas.

Stefano Pettinato
Representante residente
del Programa de las Naciones Unidas
para el Desarrollo en Uruguay

Introducción

El cumplimiento del Acuerdo de París de reducción del calentamiento global por debajo de los 2°C en comparación con los niveles industriales para 2050 constituye uno de los principales desafíos del milenio para los países de todo el mundo y es imperativo para que se cumplan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030. Esta agenda enfrenta desafíos múltiples y muy complejos, que, lejos de ser estáticos, evolucionan con el tiempo según la situación de las distintas regiones, países y territorios. Esto demanda una nueva agenda de desarrollo en la que se identifiquen metas nacionales y regionales de manera articulada con procesos de transformación global.

En ese marco, la digitalización y la descarbonización de la economía son dos megatendencias conocidas como la doble transición (*twin transition*, en inglés), que desempeñan un papel central en las agendas de desarrollo sostenible a nivel global. Los procesos globales asociados a estas transiciones suponen grandes desafíos para Uruguay y América Latina. La tendencia inercial de estas megatendencias puede profundizar el entrapamiento de la región en un modelo de desarrollo económico que diverge respecto a las principales economías del planeta y que a la vez genera desigualdad y exclusión en su población. Enfrentar ese reto requiere de políticas de desarrollo de largo plazo, que prevean procesos participativos de toma de decisiones para definir metas y estrategias.

La creciente presión ambiental sobre los recursos del planeta ha dado lugar a la idea de que es necesaria una *transición verde*. Esta transición requiere un nuevo modelo de desarrollo que modifique las pautas actuales de producción y consumo. Por otro lado, es posible identificar un proceso global de creciente intensidad en la generación y uso del conocimiento en las actividades económicas y sociales, así como de creciente valorización económica del conocimiento, que en las últimas décadas ha estado estrechamente asociado a la difusión de las tecnologías digitales. La *doble transición* —basada en la difusión de tecnologías digitales avanzadas y la adopción de estrategias de economía circular y descarbonización—

hace referencia a una visión integral de estos fenómenos como uno de los desafíos centrales en la actual economía del conocimiento.

El debate sobre los posibles efectos de estas megatendencias ha ganado relevancia en las agendas nacionales de desarrollo, especialmente como estrategia en la reconfiguración de las economías de países desarrollados después de la pandemia de COVID-19. Debido al carácter global de estas tendencias, resulta necesario extender este debate considerando los problemas y los desafíos de los países en desarrollo desde una perspectiva dinámica, que integre las metas globales de desarrollo con las especificidades regionales, nacionales y locales (Cathles et al., 2022). Según Naciones Unidas y otros organismos internacionales, un aspecto central para la inserción virtuosa de los países en desarrollo en la transición verde y digital es que ésta debe estar basada en el conocimiento y ser «justa», en la medida que para ser sostenible debe ser necesariamente inclusiva (OECD et al., 2022; CEPAL, 2022; Naciones Unidas Uruguay, PNUD, 2023).

En ese marco, el concepto de *transición justa* llama a considerar que los procesos asociados a la *doble transición* deben tener en el centro a las personas, las comunidades, los trabajadores, los grupos sociales (sobre todo los más vulnerables), de forma de cumplir con la máxima de que no quede nadie atrás. Se trata de poner el acento en hacia dónde vamos con la transición, en definitiva, no perder de vista la Agenda 2030 y el conjunto de los ODS que la integran. Con esta mirada, el PNUD trabaja con más de 140 países y territorios en la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación a los retos del cambio climático, pero en el marco de una transición justa, que sea inclusiva y fortalezca la concreción de la Agenda 2030.³

Una de las dificultades para abordar los retos que venimos señalando es que, por un lado, son nuevos, la *cuarta revolución digital* — caracterizada por la profundización de tecnologías digitales en las formas de producir, consumir y socializar— y el cambio climático no permiten buscar soluciones en el siglo pasado, sino que exigen construir soluciones al mismo tiempo que se transita por senderos desconocidos. Por otro lado, como lo vienen marcando los últimos

3 Una megatendencia se puede definir como un cambio a largo plazo que influye fuertemente en diferentes esferas de la vida en muchos países y en distintos niveles, abarcando dimensiones políticas, económicas, ambientales, sociales y culturales (Kuhn y Margellos, 2022).

informes de desarrollo humano del PNUD, el actual contexto global de *policrisis*, caracterizado por inestabilidad política, alta polarización, alta incertidumbre y guerras, se suma a la crisis social y desigualdad que se arrastra del siglo pasado, bajo la tensión que impone la restricción de estar llegando a puntos de no retorno en términos de degradación del ambiente. Esto vuelve muy difícil lograr consenso en los diagnósticos y las posibles soluciones y hace necesario generar debates informados para contribuir a un marco de (nuevos) acuerdos al respecto.

En este documento se resalta que la doble transición va más allá de un proceso de cambio tecnológico y que se requiere un nuevo modelo de desarrollo que oriente una transición justa. El objetivo de este documento es contribuir al debate informado sobre los desafíos globales actuales, para que se comprenda la doble transición, con un enfoque centrado en las personas y atento a las particularidades de América Latina, y especialmente de Uruguay. Para ello, se sistematizan antecedentes recientes a nivel internacional y regional sobre el proceso de doble transición, y se recopilan y analizan datos relevantes para el contexto uruguayo. Al respecto de esto último, Uruguay ha tenido importantes avances tanto en la agenda verde como en la digital, sin embargo, ambos componentes no han sido, hasta ahora, abordados de manera integral.

El documento se organiza en tres secciones. En la primera se definen los principales conceptos de *transición* y *doble transición*, y se presenta un esbozo de sus principales referencias en relación con las transformaciones en la economía actual del conocimiento. Asimismo, se presentan algunas de las iniciativas de gobiernos nacionales para conducir procesos de transición verde y digital. Esta parte finaliza con un esquema que sintetiza los posibles impulsores y barreras de la doble transición. La segunda parte del documento está dedicada a sistematizar antecedentes sobre el tema para Uruguay, de modo de presentar una visión integrada de acuerdo con los impulsores y barreras descritos en la primera sección. Finalmente, se concluye con una síntesis de los argumentos presentados y un conjunto de interrogantes orientados a promover el debate sobre el tema.

1. Doble transición, definiciones y tendencias a nivel global

Los conceptos de *transición* y *doble transición* empleados en este documento son relativamente recientes y aún carecen de una definición de consenso. Es importante resaltar dos aspectos acerca de su origen y su importancia para el debate. En primer lugar, la idea de *transición verde* tiene un contenido normativo que se basa en la evidencia empírica sobre los límites ambientales del actual modelo de desarrollo. Las crecientes presiones que ejerce dicho modelo sobre la sostenibilidad ambiental obligan a una transformación hacia un modelo sostenible (UNDP, 2020). En ese marco, el concepto de *transición verde* parte de la idea de que la actividad humana en el planeta solo será sostenible en la medida en que se lleve adelante una transición hacia un modelo de producción y consumo ambientalmente sustentable (OECD et al., 2022).

Por otra parte, la idea de *transición digital* refiere a un caso histórico de transición tecnológica, que puede entenderse en referencia a los procesos cíclicos de la economía capitalista asociados a la emergencia de revoluciones tecnológicas y la difusión y aceptación de nuevos paradigmas tecnoeconómicos (Freeman y Pérez, 1988). Estos fenómenos se caracterizan por la emergencia de nuevas tecnologías de propósito general, cuya aplicación se difunde a costos decrecientes en múltiples actividades, y que llegan a cambiar no solo la forma de producción de bienes y servicios, sino también la vida cotidiana de las personas. En este sentido se identifican cuatro revoluciones industriales⁴ (ver figura 1): la primera revolución industrial (1RI) estuvo marcada por la invención de la máquina de vapor y fue impulsada por la mecanización. La segunda revolución industrial (2RI), que tuvo lugar desde la última década del siglo XIX hasta mediados de la década de 1920, fue impulsada por la electricidad, el ensamblaje y la producción en masa. La tercera revolución industrial (3RI) surgió en las últimas décadas del siglo XX y fue impulsada

4 Ver: <https://climatepromise.undp.org/>

por los componentes electrónicos de silicio, la informática e internet. La cuarta revolución industrial (4RI) sigue esta secuencia desde principios del siglo XXI, cuya caracterización puede ser entendida como la profundización de las tecnologías que emergieron en la 3RI y que se han expandido en olas sucesivas en múltiples ámbitos de actividad. Pero, a diferencia de las revoluciones anteriores, la 4RI coexiste y coevoluciona, por primera vez en la historia, con la emergencia del régimen tecnológico sostenible basado en tecnologías de energía renovables (Fagerberg y Verspagen, 2020).

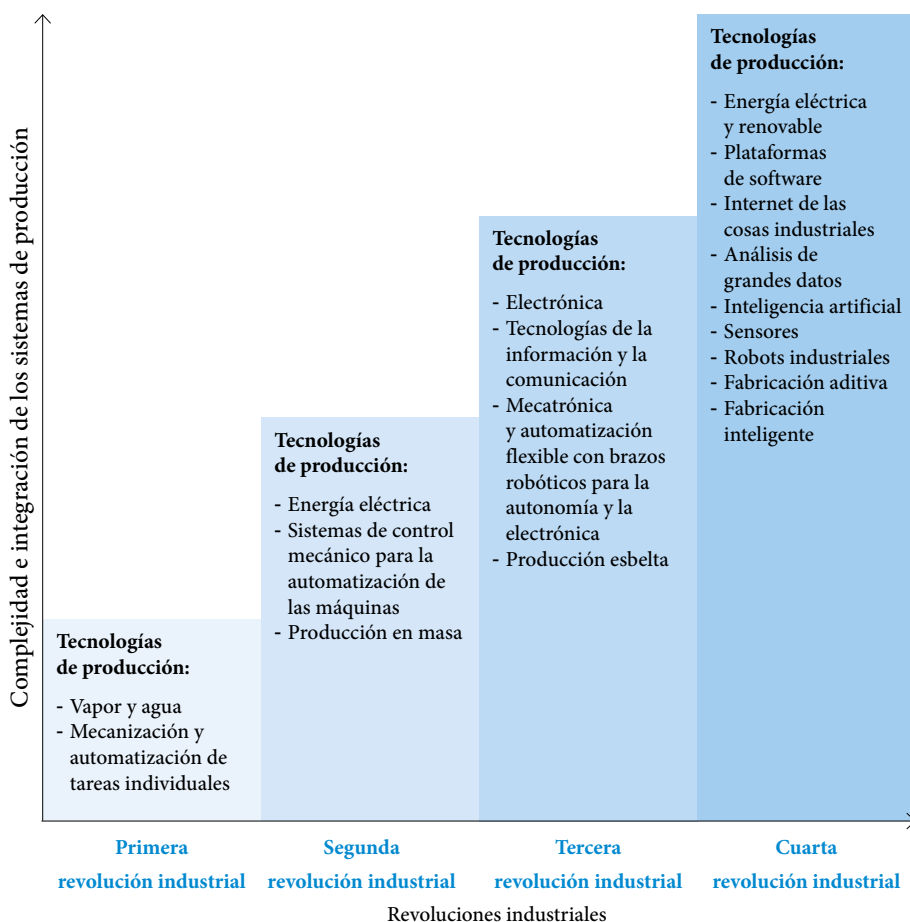
En suma, mientras que la transición verde se plantea como un objetivo normativo de cambio de modelo de desarrollo, la transición digital responde a una dinámica histórica de revoluciones tecnológicas (Pérez, 2010). En última instancia, dar forma y acelerar la transición verde requiere una transformación profunda de los valores sociales, las políticas regulatorias y las estructuras de costos, no solo de cambios tecnológicos dentro del paradigma de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) (Pérez, 2020).

El abordaje de doble transición señala la importancia de considerar ambos fenómenos de manera integral, y destacar los aspectos comunes entre ambos. En primer lugar, ambas tendencias refieren a fenómenos acumulativos a nivel global, que afectan a todos los habitantes y regiones del planeta, pero lo hacen de forma desigual en diferentes sociedades, grupos sociales y actividades económicas (OECD et al., 2022; Cathles et al., 2022; Druzca et al., 2023). A la vez, la literatura sobre revoluciones tecnológicas ha destacado que en el inicio de los procesos de transición existen mayores posibilidades de generar estrategias de desarrollo que favorezcan la participación en los beneficios asociados a dichos cambios (Pérez, 2010; Lema y Pérez, 2024). Ese argumento ha sido recogido para acuñar el término de «ventanas de oportunidades verdes» (Lema y Rabellotti, 2023), que propone que, en el contexto actual, sociedades, regiones y territorios de menor desarrollo relativo podrían contar con mayores oportunidades de mejorar sus condiciones a partir de un cambio en el modelo de desarrollo basado en fuentes de energía no fósiles.

Estos son aspectos en debate más que consensos o conclusiones. Es posible apreciar que las revoluciones tecnológicas se asocian a transiciones en las que aparecen ventanas de oportunidad que algunas sociedades han sido capaces de aprovechar. No obstante, en el largo plazo, junto con la intensificación en la generación y uso del conocimiento, se han expandido las brechas entre sociedades, grupos sociales y actividades según las capacidades para participar en

los beneficios de ese proceso (Nathan, 2024; Arocena y Sutz, 2022). El aprovechamiento de las ventanas de oportunidad ha dependido de que los actores (estados, sociedad civil y personas) cuenten con capacidades para aprovecharlas, y dichas capacidades son el resultado de largos procesos de acumulación que requieren apoyos sostenidos para su formación.

FIGURA 1.
Tecnologías de la producción y revoluciones industriales



Fuente: elaboración propia basada en Andreoni y Anzolin (2019), figura 2 y UNIDO (2019)

En tal sentido, con el objetivo de contribuir a un debate informado, se propone aquí considerar la idea de doble transición como parte de una visión normativa de cambio de modelo de desarrollo que está en línea con la Agenda 2030 de Naciones Unidas. La posibilidad de que este proceso derive en una forma de transición justa depende de cambios profundos que no son el resultado directo de los procesos de cambio tecnológico, sino de los procesos que puedan conducir a un nuevo modelo de desarrollo. En tal sentido, la discusión no se orienta a si la transición debería ocurrir o no, sino a qué tipo de transición es necesario para un nuevo modelo de desarrollo sostenible e inclusivo (Dæhlen, 2023).

1.1. Transición verde, digital y doble transición

La *doble transición*, o *twin transition*, es un concepto novedoso que engloba un conjunto de estrategias para la inserción de los países/regiones en sendas de desarrollo digital y sostenible. Por un lado, la transición digital se asocia a la reciente integración de las tecnologías digitales, muchas de las cuales tienen su origen a mediados del siglo XX, en la industria (a través del surgimiento de la Industria 4.0), el empleo y las relaciones sociales. Por otro lado, la transición verde se vincula a la adopción de estrategias de economía circular y descarbonización, que son fundamentales para las agendas nacionales de cara al cumplimiento de las metas globales establecidas en el Acuerdo de París.⁵

Sin embargo, en la literatura académica no existe una definición estándar de *doble transición*. Este término fue acuñado por la Unión Europea (UE) para referirse a sus objetivos en términos de neutralidad de carbono y liderazgo digital (European Investment Bank, 2021) y para convertirse en el primer continente en alcanzar la neutralidad climática hacia 2050.⁶ Este fue el puntapié inicial para la

-
- 5 En los estudios sobre innovación existe un debate sobre las fechas de estas revoluciones, sobre su número y heterogeneidad (Von Tunzelmann, 2003). Por ejemplo, Freeman y Pérez (1988) se adhieren a una periodización basada en ciclos de Kondratieff. Esto lleva a cinco revoluciones desde aproximadamente 1770: 1) Revolución industrial, 2) Era del vapor y los ferrocarriles, 3) Era del acero y la electricidad, 4) Era del petróleo, los automóviles y la producción en masa y 5) Revolución de las TIC.
- 6 En particular, la meta que establece la necesidad de limitar el calentamiento global en este siglo a los 2 °C. El Acuerdo de París (2015) es un hito relevante en la estrategia global de coordinación de soluciones para el cambio climático, que establece metas

difusión de este concepto, lo que resultó en que otros países incorporaran la digitalización y la sostenibilidad como aspectos clave en sus estrategias nacionales de desarrollo (ver recuadro 1), especialmente en el contexto de reconfiguración de las economías después de la pandemia de COVID-19 (Muench et al., 2022). Dependiendo del campo de estudio, suelen emplearse indistintamente los términos *doble transición*, *industria circular 4.0* o *economía digital circular* (Rosa et al., 2020).

Recuadro 1. Hacia la transición verde y digital: estrategias nacionales

Unión Europea: apunta firmemente a liderar la transformación estructural verde-digital de sus economías, haciendo de la *doble transición* un aspecto clave de su actual agenda política para posicionarse como el primer continente climáticamente neutro para 2050. En este sentido, la Comisión Europea está guiando esta transformación mediante iniciativas como: 1) el Nuevo Pacto Verde Europeo, cuyo objetivo es «transformar la UE en una sociedad justa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, en la que no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y en la que el crecimiento económico esté desvinculado del uso de recursos» (European Commission 2019b: 2); 2) la Nueva Estrategia Industrial, que apoya las transiciones digitales verdes y se basa en tres prioridades principales (competitividad global, neutralidad climática para 2050 y soberanía tecnológica y digital) (European Commission 2019a); y 3) la Estrategia Digital, que propone una transformación digital que beneficie a las personas mediante el respeto de los valores europeos, la mejora de una economía justa y competitiva que promueva los valores democráticos, el respeto de los derechos y el impulso de economías sostenibles con neutralidad climática (European Commission, 2020).

Estados Unidos: el último hito contra la mitigación del cambio climático fue la Ley de Reducción de la Inflación (IRA) (White House, 2023), que marcó un punto de inflexión en la política industrial estadounidense. Esta ley tiene como principal objetivo acelerar la transición verde en este país, al reducir en 40 % las emisiones de carbono para 2030. La ley cubre cuatro puntos centrales para las políticas climáticas: 1) proporciona miles de millones de dólares en programas de subvenciones y préstamos y otras inversiones orientadas a la generación de energía limpia y la acción climática; 2) busca revitalizar la manufactura estadounidense para potenciar el sector de la energía limpia, impulsar la manufactura nacional, crear empleos bien remunerados y reducir la dependencia externa del país para componentes críticos del suministro de energía limpia; 3) amplía las inversiones en energía, la inversión privada en energía limpia, transporte y manufactura, y 4) ofrece incentivos a los consumidores a través de reducciones impositivas para hacer más asequible el consumo de energías renovables (Talbot Zorn, 2024; White House, 2023).

China: en 2020, el presidente de China anunció el compromiso del país de alcanzar el pico de emisiones de CO₂ antes de 2030 y alcanzar la neutralidad de carbono en 2060. El plan 2020-2025 contiene varias metas orientadas a reducir las emisiones. Desde el punto de vista de las tecnologías digitales, China tiene una posición de liderazgo cada vez mayor en la creación de innovaciones en tecnologías digitales (European Patent Office, 2020). Los intentos chinos de insertarse en la doble transición se expresan en *Made in China 2025* —un plan nacional de 10 años—, que «se enfoca en mejorar la calidad de los productos fabricados en China, crear marcas propias para el país, construir una capacidad de manufactura sólida mediante el desarrollo de tecnologías avanzadas de vanguardia, investigar nuevos materiales y producir partes y componentes clave de productos» (Li, 2018: 67).⁷ Este plan de transformación industrial

⁷ La Unión Europea ha liderado este proceso a través de tres estrategias: European

propone emplear la digitalización de la fabricación, sistemas ciberfísicos, internet de las cosas y la fabricación inteligente, y uno de los principales objetivos es lograr el desarrollo verde. Además, el plan concibe como industrias prioritarias los vehículos y equipos eléctricos que ahorran energía.

Japón: introdujo la estrategia: *Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050*, que considera la transición verde y la digital como «dos ruedas inseparables de un automóvil».⁸ Asimismo, esta estrategia propone dos formas de acercarse a la digitalización: a) *Green by digital*, que busca promover la eficacia de la demanda de energía y la reducción de emisiones de carbono a través de la digitalización, y b) *Green of digital*, que promueve la conservación de la energía y la sostenibilidad de los dispositivos digitales y de la industria de la comunicación y de la información.

Corea del Sur: este país presentó en 2020 una estrategia de desarrollo nacional conocida como el *New Deal Coreano*, un plan pospandémico centrado en la creación de casi dos millones de empleos para 2025 a través de una política verde-digital y una política general para apoyar el empleo y la seguridad social. Desde el punto de vista industrial, la estrategia propone expandir las tecnologías digitales a todas las industrias; promoción del suministro de energía descentralizado y con bajas emisiones de carbono, y mejorar la innovación en las industrias verdes.

La ausencia de una definición única y compartida de doble transición se debe en buena medida a la novedad del concepto y a la relativa novedad de sus dos componentes: verde y digital. Con

New Green Deal (ver: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es), the New Industrial Strategy (ver: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_416) y la Digital Strategy (ver: <https://eufordigital.eu/discover-eu/eu-digital-strategy/>).

8 http://english.www.gov.cn/policies/latest_releases/2015/05/19/content_281475110703534.htm

respecto a la transición verde, no parecería existir unanimidad en la literatura en torno a su definición (Müller et al., 2024). Por ejemplo, el Consejo Nórdico de Ministros ha definido a esta transición como «transición gradual y completa hacia una sociedad libre de combustibles fósiles y baja en carbono» (Nordic Council of Ministers, 2021, p. 11). La literatura académica se ha referido a este fenómeno de forma más amplia como *transformación verde* o *economía verde*. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define esta última como aquella economía que es baja en carbono, eficiente en recursos y socialmente inclusiva.⁹ Este tipo de transformación verde involucra a todos los sectores de la economía y presenta tres características particulares (Lema y Pérez, 2024): 1) tiene un propósito y rumbo claro en cuanto a sus objetivos y los problemas que debe resolver; 2) está liderada por tecnologías verdes que tienen particularidades específicas que las diferencian del resto de las tecnologías, asociadas a innovaciones que aún son inciertas y, por lo tanto, deja espacio para nuevas soluciones tecnológicas; 3) desde el punto de vista institucional, los cambios están guiados por la urgencia de los efectos del cambio climático en los ámbitos económico, social y ambiental.

Con respecto a la transición digital, puede ser entendida como el proceso de cambio por el que una economía basada en medios analógicos pasa a basarse en medios digitales. Las tecnologías digitales son parte de las TIC, que se definen como tecnologías de propósito general, en la medida en que contribuyen a ofrecer soluciones transversales en los más variados ámbitos de la economía y la sociedad (Hirs y Vargas, 2023). La revolución tecnológica basada en las TIC se compone de varias olas de cambio que, desde las últimas décadas del siglo XX, han permeado los ámbitos productivos y sociales. Las tecnologías digitales avanzadas, también conocidas recientemente como las tecnologías de la cuarta revolución industrial (en adelante, 4RI), comprenden, entre otras: la inteligencia artificial, que puede contribuir a reducir costos, mejorar la heurística de nuevos desarrollos y la previsión de tendencias; la internet de las cosas, robótica y fabricación aditiva, que afectan la productividad mediante la automatización y mejora de procesos; y la computación en la nube, que facilita la transmisión de información y reduce costos (Hirs y Vargas 2023). Este tipo de tecnologías requieren de

9 https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/global_warming/ggs2050/index.html

una infraestructura adecuada, en particular redes de fibra óptica y recientemente tecnología 5G de telefonía celular. Así, la poderosa integración de la innovación industrial y social que caracteriza a estas tecnologías ya ha demostrado un gran potencial para transformar la economía global en el mediano y largo plazo.

DIAGRAMA I.

Efectos de la digitalización en la sostenibilidad

Efectos directos

Asociados al sector de las TIC

Ejemplo: smartphone.

- **Producción:** extracción de minerales, energía y agua para producir el dispositivo y transportarlo al mercado.
- **Uso:** energía necesaria para el funcionamiento del dispositivo y la infraestructura de TIC requerida.
- **Desecho:**
 - **negativo:** se generan emisiones en el desecho de los dispositivos.
 - **positivo:** el reciclado reduce el impacto en el uso de minerales.

Efectos indirectos

Al aplicarse las TIC en la producción de bienes y servicios

Ejemplo: uso de mapas en dispositivos electrónicos.

- **Efecto de sustitución:** el papel es reemplazado por dispositivos digitales.
- **Efecto de optimización:** alienta a mejorar la eficiencia energética y del tráfico a través del monitoreo en tiempo real de las rutas.
- **Efecto inducido:** incrementa la frecuencia de viajes, dado que los dispositivos mejoran las rutas y permiten el uso de aquellas menos transitadas.
- **Efecto de rebote:**
 - **negativo:** aumenta el consumo de datos y por ende demanda mayor energía.
 - **positivo:** mejora la eficiencia energética consumida por los viajes.
- **Efectos sistémicos y en el comportamiento:** promueve cambios en la forma en que los individuos se transportan (plataformas, UBER), promueve el surgimiento de vehículos autónomos y la manufactura de sistemas de transporte inteligentes.

Hasta hace muy poco, las transformaciones digitales y los avances en sostenibilidad eran concebidos como dos procesos paralelos. La perspectiva integrada de las transiciones verde y digital plantea que estas dos transiciones deben ser entendidas en forma conjunta, como dos estrategias potencialmente complementarias (Muench et al., 2022). Estudiar las sinergias entre la digitalización y la sostenibilidad es de primordial importancia, ya que la dinámica de cambio no estará necesariamente alineada y, de hecho, es posible que los objetivos de política que orientan a los países en ambas transiciones tampoco estén alineados. Por un lado, la digitalización puede aportar eficiencia en términos de sostenibilidad ambiental, pero, al mismo tiempo, los procesos de digitalización deben ser sostenibles para evitar riesgos ambientales (UNCTAD, 2024).

El debate en torno a los efectos de la digitalización en la sostenibilidad no es nuevo y uno de sus resultados fue el surgimiento de una taxonomía para distinguir entre efectos directos e indirectos¹⁰ (diagrama I). Los efectos directos, o de primer orden, están vinculados al ciclo de vida de las tecnologías digitales. En otras palabras, son los efectos de las TIC en el ambiente, que abarcan desde la extracción de minerales y su procesamiento hasta la posterior manufactura de los dispositivos electrónicos, su transporte, distribución y eliminación. Los efectos en el ambiente involucran el uso intensivo de recursos, la utilización de energía, la contaminación de aguas y suelos.

Por otro lado, los efectos indirectos o de segundo orden van más allá de los efectos del sector digital en el ambiente y se asocian con la aplicación de las TIC en bienes y servicios (Bieser y Hilty, 2018). Estos efectos pueden ser tanto positivos como negativos para la sostenibilidad. Tienen que ver con ganancias de eficiencia debidas a la incorporación de tecnología digital (efectos de optimización); con efectos inducidos, asociados a las posibilidades que abre la nueva tecnología; los efectos de rebote, asociados a las consecuencias, esperadas o no de estas tecnologías; y los denominados efectos sistémicos, que se asocian a modificaciones en el comportamiento de las personas y de los colectivos que modifican el funcionamiento agregado de personas, empresas y organizaciones. En el lado positivo están los denominados efectos habilitantes, que reducen las emisiones de carbono y los daños en el ambiente. Los efectos habilitantes de la

10 <https://www.unep.org/es/regiones/america-latina-y-el-caribe/iniciativas-regionales/promoviendo-la-eficiencia-de-recursos-1#:~:text=El%20Programa%20de%20la%20ONU,ambientales%20y%20las%20escases%20ecológicas>

digitalización sobre la sostenibilidad reconocen que las tecnologías digitales potencian el ahorro energético y reducen las emisiones al favorecer la asignación eficiente de recursos como materiales, energía y agua, a través de la digitalización, el internet de las cosas y la inteligencia artificial, que optimizan el suministro teniendo en cuenta las diferentes prioridades y recursos. La otra cara de la digitalización está en los efectos de rebote, que reducen o balancean los efectos positivos de los efectos habilitantes a través de una mayor demanda o uso de bienes o consumo. La existencia de efectos habilitantes y de rebote conlleva importantes desafíos a la hora de medir los efectos indirectos para determinar el verdadero impacto en la digitalización sobre la sostenibilidad (Bieser y Hilty, 2018; Lange et al., 2020).

21

Un ejemplo de este tipo es el efecto de la inteligencia artificial generativa en el ambiente. De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA por su sigla en inglés),¹¹ la demanda de energía por los centros de datos es todavía escasa en el sistema energético global, aunque ha crecido en los últimos años y se espera que siga haciéndolo. Las empresas vinculadas a la IA juegan un papel central a la hora de expandir la inversión en tecnologías más limpias vinculadas a la generación de electricidad, lo que compensaría los efectos negativos sobre el ambiente

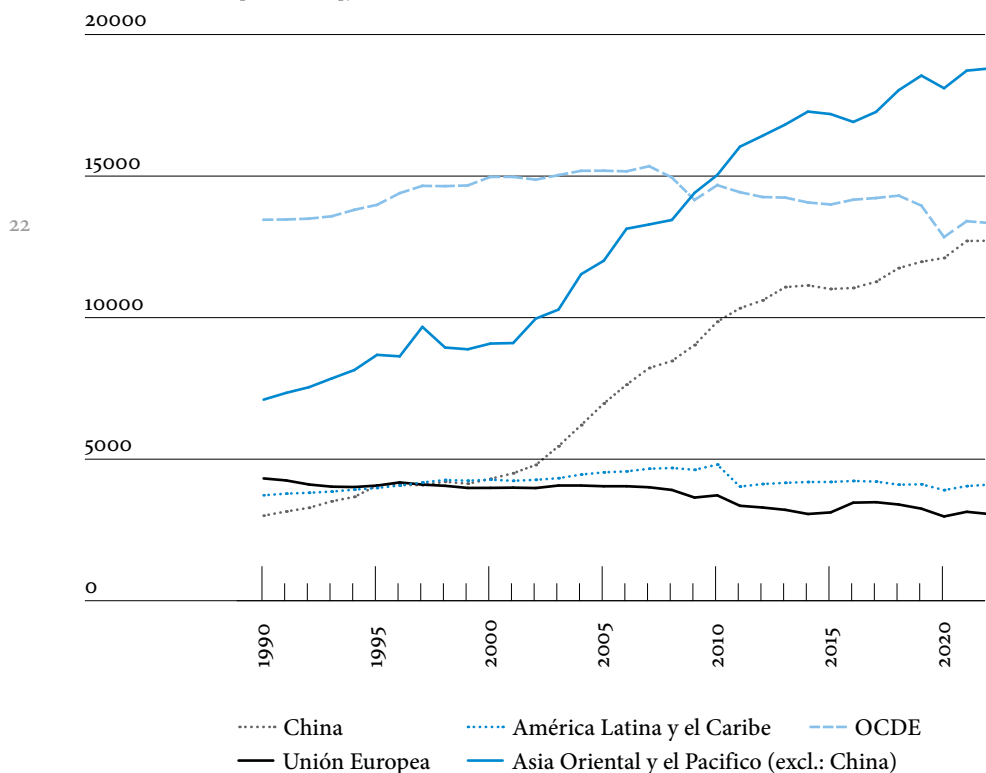
1.2. América Latina: principales debates y estrategias de cara a la doble transición

El debate sobre la doble transición ha sido más escaso en los países en desarrollo, en general, y en los de América Latina en particular. No obstante, existe en la región una preocupación creciente por estos temas, tanto en ámbitos públicos como en actores de la sociedad civil, del sector empresarial y la academia (EIB, 2024).

Tal preocupación deviene de la importancia del tema para la región, así como de la complejidad de los desafíos que esta enfrenta. Diferentes enfoques han señalado que los países de América Latina y el Caribe se encuentran ante el reto de superar procesos de entrapamiento que limitan el desarrollo (OECD, CAF, CEPAL, 2019; PNUD, 2021). La noción de *trampas de desarrollo* refiere a situaciones no deseadas, donde la interacción entre factores clave, como el bajo crecimiento económico, la desigualdad y las trabas para la movilidad

¹¹ Para un análisis más detallado ver: Berkhout y Hertin, 2004; Hilty y Aebischer, 2015; Horner et al., 2016.

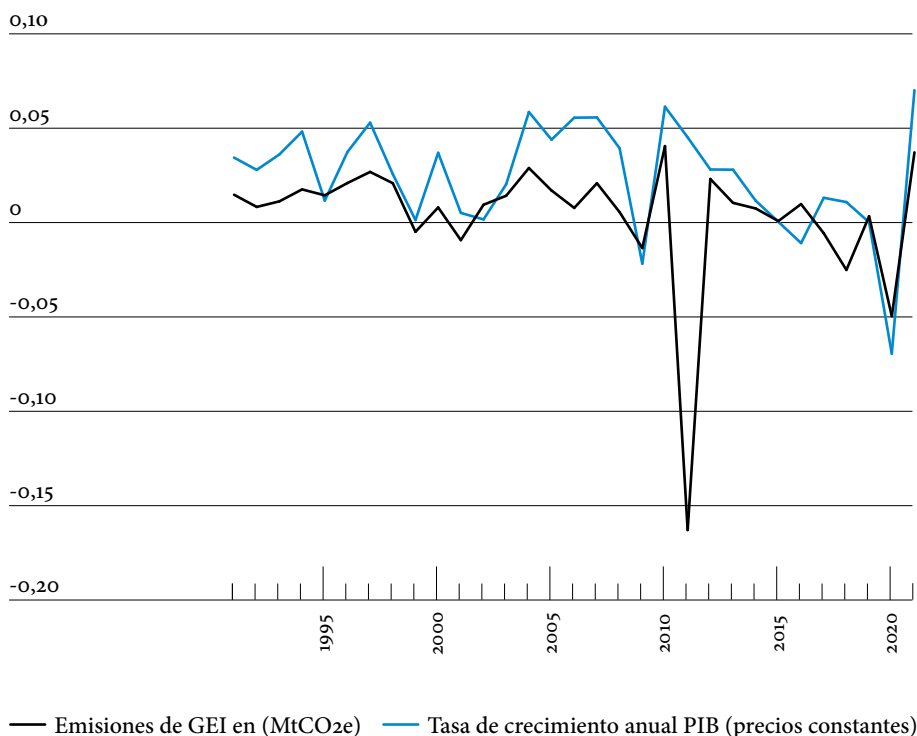
FIGURA 2A.
Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por regiones
(millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
[MtCO₂e])



Fuente: elaboración propia basada en datos de Climate Watch

social, interactúan en una suerte de círculo vicioso, lo que imposibilita superar el estado actual. En tal sentido se destacan el entrapamiento en torno a especializaciones productivas de bajo crecimiento del producto y de baja productividad; la trampa de la alta vulnerabilidad social, asociada a la concentración del poder; la trampa de la fragilidad institucional y los problemas crónicos de violencia que dificultan salidas democráticas alternativas a la situación actual, y a la vez la trampa ambiental, asociada a la dependencia de un modelo basado en energías fósiles (OECD, CAF, CEPAL, 2019; PNUD, 2021). América Latina y el Caribe es aún la región más desigual del mundo

FIGURA 2B.
Desacople emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)
y PIB en América Latina



Fuente: Elaboración propia basada en Climate Watch y Cepal

y, por ende, para que la doble transición sea justa e inclusiva se requiere un enfoque que considere no solo las megatendencias como una cuestión económica y técnica, sino también las preocupaciones políticas y sociales sobre el tema (EIB, 2021).

Además, dicha visión permite comprender la complejidad de los problemas y la necesidad de los debates. América Latina es una de las regiones del mundo que menos contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, muchos territorios y grupos sociales de la región enfrentan altos riesgos asociados al cambio climático. De acuerdo con datos de Climate Watch, los países de la región representaron en las últimas tres décadas alrededor del 10 % de las

emisiones globales de gases de efecto invernadero.¹² Este porcentaje es levemente superior a su proporción en el PIB global (7,3 %) y a su representación en la población total (8 %), según la estimación de CEPAL para el año 2021. La figura 2a confirma la reducción de la participación de las emisiones de efecto invernadero en términos absolutos, mientras que la figura 2b muestra que las emisiones estarían creciendo a un ritmo menor que el crecimiento económico, lo que podría estar dando indicios de cierto proceso de desacoplamiento. Estas emisiones se concentran en sectores tradicionales de la economía, asociados a la agricultura, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura, el transporte y la producción de electricidad.

Por otra parte, las economías latinoamericanas enfrentan problemas crónicos de productividad e innovación. Las empresas latinoamericanas tienen una tasa de adopción digital muy baja, de alrededor de un tercio de la que registran las empresas asiáticas. Además, la adopción de tecnologías digitales se limita principalmente al uso de páginas web y comunicaciones, pero no al proceso productivo (Hirs y Vargas, 2023; Ferraz et al., 2024). En ese marco, a nivel empresarial existe alta incertidumbre sobre los beneficios de adoptar medidas de innovación digital y ambiental (Cathles et al., 2022; OECD et al., 2023). Los estudios empíricos sobre empresas se han concentrado en estudiar cómo se adaptan las tecnologías verdes y digitales de forma separada, por lo que sigue siendo un territorio inexplorado la adopción conjunta, especialmente para países en desarrollo (Menéndez y Lavopa, 2024).

En ese contexto, varios países de América Latina han iniciado estrategias orientadas a la *transición verde* y a la *transición digital*, con elementos en común en ambos tipos de directrices, pero no estrictamente con una visión integrada. La literatura sobre este tema es escasa en América Latina, y se concentra en la transición verde, en particular en la transición energética. Uno de los puntos centrales para una mirada integral de estos procesos tiene que ver con la creación y uso de conocimientos para alcanzar las metas de desarrollo asociadas con la transición. Un estudio reciente enfatiza que las estrategias nacionales de promoción de diferentes formas de innovación verde en América Latina siguen un patrón similar a la mayoría de los países desarrollados, que ingresan a la agenda de promoción de estas actividades a través de estrategias sectoriales (Braude et al., 2024). Estos procesos se dieron principalmente en el

12 <https://www.iea.org/topics/artificial-intelligence>

sector energético a partir de 2015 y, posteriormente, comenzaron a incorporarse otros sectores.

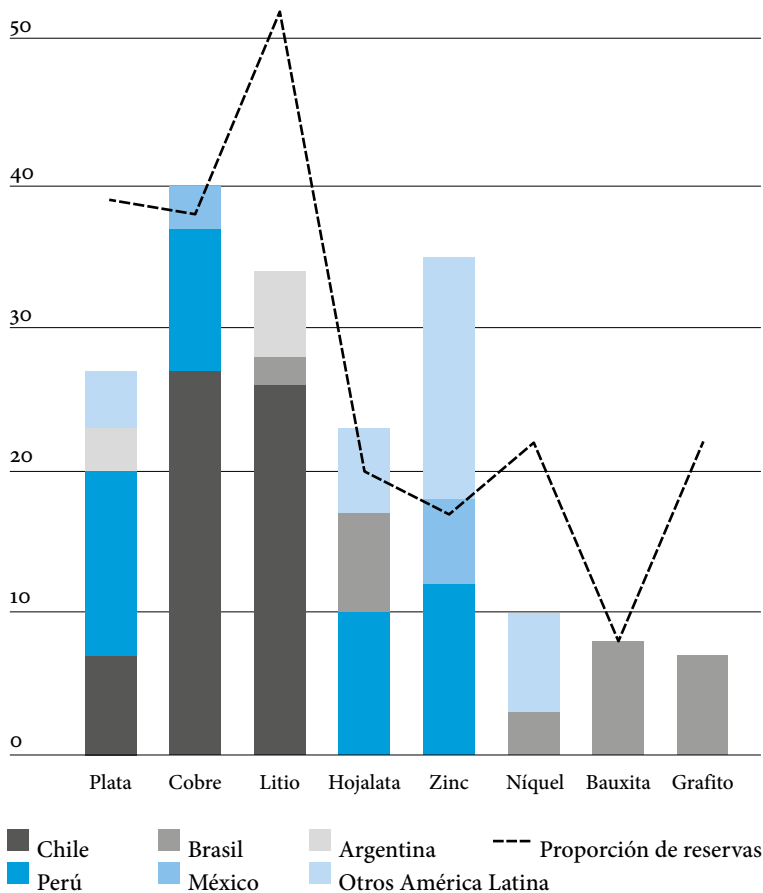
En los documentos y orientaciones de política relacionados con el tema, aparecen algunos elementos clave en torno a los cuales es posible organizar el debate actual sobre la doble transición en América Latina y el Caribe (Alfonso et al., 2023; Hirs y Vargas, 2023). A continuación, nos detendremos en tres aspectos fundamentales: 1) la disponibilidad de recursos naturales, 2) el impacto en los mercados laborales y 3) el rol de la cooperación internacional en la definición e implementación de agendas.

La transición verde, de una manera u otra, toma distancia de la idea de los recursos naturales como una maldición (Marín y Pérez, 2024). Es así que la *disponibilidad de recursos naturales* puede ser un factor movilizador de la transición verde y de la doble transición. Los países ricos en recursos naturales enfrentan la oportunidad de acceder a energía renovable a un costo relativamente bajo, así como de regenerar sus recursos al adoptar modelos de economía circular respaldados por tecnologías digitales. Sin embargo, esto no está exento de dificultades, los países en desarrollo no solo tienen una baja tasa de adopción de estas tecnologías, sino que también carecen de estrategias de gestión de datos que incluyan regulaciones y cuestiones de soberanía. A modo de ejemplo, *solo siete países de América Latina (Colombia, Brasil, Chile, Perú, Argentina, Uruguay y República Dominicana) cuentan actualmente con estrategias nacionales y oficiales de inteligencia artificial.*¹³

Se entiende que la transición verde puede abrir *ventanas de oportunidad* para los países rezagados económicamente y ricos en recursos naturales. Esto se asocia con la idea de recursos biológicos estratégicos, respecto a los cuales la región de América Latina cuenta con una larga tradición, que se extiende a períodos precoloniales, en el aprovechamiento de la diversidad con fines agroalimentarios. A eso se suma la posibilidad de expandir la frontera agrícola para la producción de biomasa no solo con fines alimentarios, sino también para la producción de energía, como ocurre además con las posibilidades de uso de biomasa de desecho (Rodríguez et al., 2017). Como estos autores señalan, esto depende de que se siga un proceso de intensificación sostenible de la producción, principalmente agropecuaria, que permita alcanzar metas ambientales sin reducir los niveles de productividad. Eso implica cambios en las formas de

13 <https://www.climatewatchdata.org/>

FIGURA 3.
Participación de América Latina en la producción y reservas
globales de minerales seleccionados, 2021, en porcentajes



Nota: Las barras representan la participación de América Latina en la producción mundial y la línea punteada la proporción de reservas en cada uno de los minerales seleccionados. Fuente: elaboración propia basada en datos de IEA.

producción, uso de insumos y tipos de procesos, en particular, atendiendo a la diversidad local y a las formas de organización social de la producción que contribuyan a la explotación sustentable. No obstante, los márgenes de maniobra para los países de la región son acotados, según la forma de inserción en la producción internacional.

También puede representar una oportunidad para países latinoamericanos ricos en minerales críticos que son clave para el desarrollo de tecnologías limpias. La región latinoamericana representa el 35 % de la producción mundial de litio y contiene el 52 % de sus reservas a nivel global. Que la especialización productiva en este tipo de bienes pueda abrir *ventanas verdes* de oportunidad dependerá de la criticidad de los minerales y de la competitividad de los países en la industria minera (Valverde-Carbonell et al 2024). Una estrategia regional coordinada o *pacto verde* en América Latina tendría un impacto multisectorial y requeriría una coordinación de políticas integral: desarrollo industrial, minería con un enfoque climático inteligente, energías limpias, agricultura, y protección de la biodiversidad y servicios ecosistémicos. También se requiere inversión en los sectores vinculados a la transición verde, como la electromovilidad, la economía circular, el turismo sostenible y el manejo sostenible del agua, la transición digital (economía digital, manufactura avanzada y la exportación de servicios modernos), la economía de la salud y los cuidados y la agricultura sostenible y los sistemas agroalimentarios (OECD et al., 2023).

27

Según este enfoque, las ventanas de oportunidad verdes tienen una dimensión institucional, asociada a políticas y estrategias nacionales que generan el imperativo de la transición. Eso involucra a la vez dimensiones de mercado —por ejemplo, asociados a menores barreras de ingreso en nuevas actividades— y tecnológicas, que pueden funcionar como ventanas de oportunidad para países en desarrollo (Lema et al., 2020).

Sin embargo, diversos trabajos señalan la importancia de no confundir la potencial existencia de ventanas de oportunidad con su efectivo funcionamiento (Andreoni et al., 2021). La apertura de oportunidades depende de factores institucionales, tecnológicos y económicos. La dimensión institucional depende de las iniciativas estratégicas y políticas que se lleven adelante, así como las oportunidades tecnológicas dependen de la creación de capacidades para aprovecharlas (Rodríguez et al., 2017; Katz, 2024). En el mismo sentido, existen potenciales barreras para las ventanas de oportunidad que aparecen en el funcionamiento de los mercados. La falta de estructuras de mercado competitivas es uno de los problemas identificados para la innovación en general en América Latina y específicamente para la inversión en tecnologías digitales o verdes (Hirs y Vargas, 2023, Cathles et al., 2022).

En relación con el debate sobre ventanas de oportunidad efectivas, otro eje fundamental se refiere al impacto de la doble transición en

los *mercados laborales* de la región, y, a partir de ahí, en la reducción o ampliación de desigualdades.

Los debates sobre los efectos de la digitalización en el empleo han ocupado la atención de diversos autores de ámbitos académicos, técnicos y políticos (Apella y Zunino, 2017; OPP, 2019; CEPAL, 2021 y 2022). En particular, se ha discutido el efecto de la digitalización en la reducción de empleo, debido a la automatización de puestos de trabajo. Eso supone una tensión entre la posibilidad de implementar mejoras de productividad mediante la inversión en tecnologías digitales —principalmente robótica e inteligencia artificial— y el potencial efecto de destrucción de empleos que, a la vez, podría redundar en aumentos de la desigualdad. Diversos trabajos han mostrado que el *riesgo de automatización* de una tarea depende de sus características, específicamente de si es posible reducir la tarea a un algoritmo rutinario de actividades. La figura 4a muestra que el sector secundario que contiene las actividades de transformación de materias primas en bienes manufacturados, incluyendo la manufactura y la construcción, es el que presenta mayor riesgo de automatización. La figura 4b muestra que el mayor riesgo de automatización radica en las clases ocupacionales medias. De acuerdo con Espíndola y Suárez (2024), la probabilidad de automatización es mayor entre los trabajadores manuales calificados (0,74), seguida de los trabajadores rutinarios no manuales de nivel bajo (0,59) y los trabajadores rutinarios no manuales de nivel medio (0,40). Resultados similares son obtenidos por Apella y Zunino (2017) para los casos argentino y uruguayo, donde aquellas tareas más rutinarias y codificables en pequeñas acciones son las que presentan mayor riesgo de automatización.

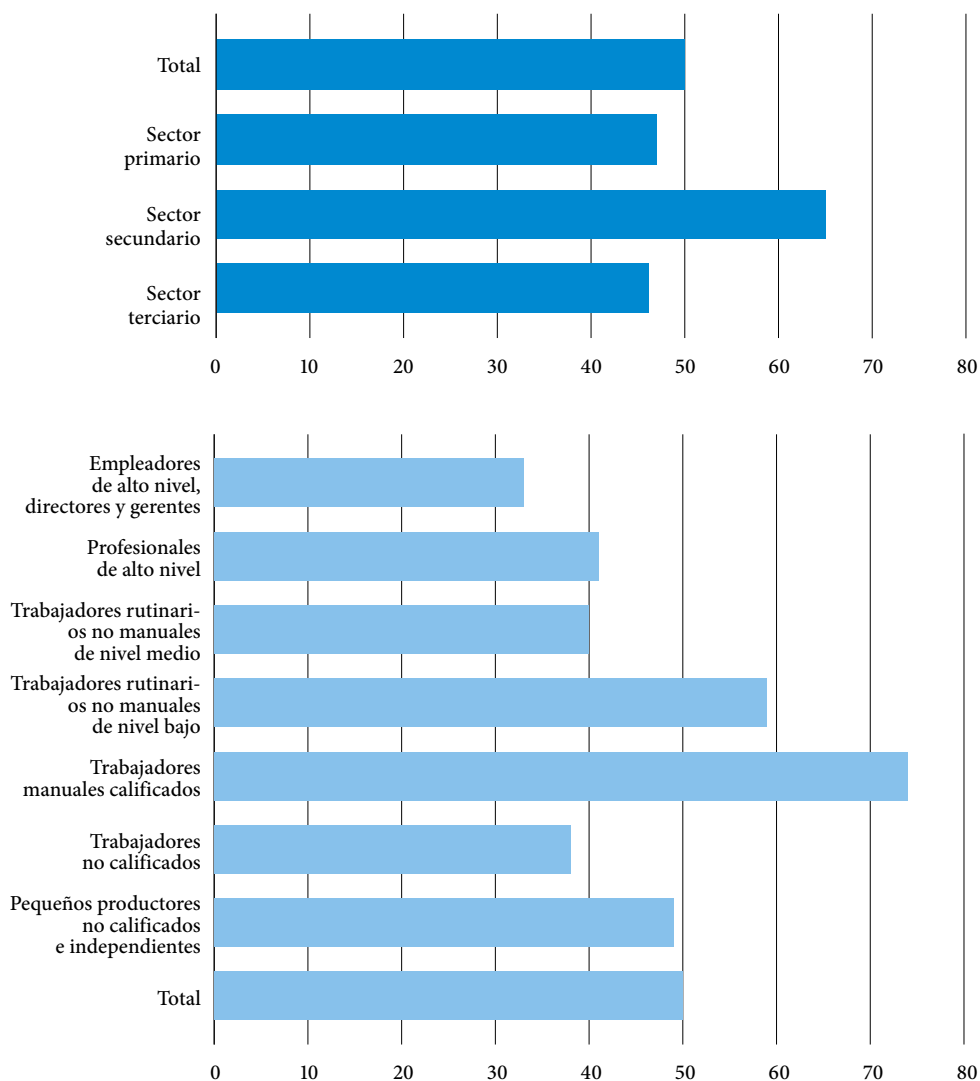
Por otra parte, trabajos que implican tareas creativas tienen menos riesgos de automatización y mayores posibilidades de complementariedad con las tecnologías digitales avanzadas, en particular con la inteligencia artificial. Una reciente publicación del PNUD señala que los empleos en América Latina tienen una baja exposición a la inteligencia artificial, lo que podría entenderse como una ventaja, sin embargo, su complementariedad con este tipo de tecnologías es muy baja. Esto puede ser una limitante importante a la hora de capitalizar los beneficios de la revolución tecnológica actual.¹⁴

Estas tendencias pueden ampliar las brechas existentes tanto entre trabajadores como entre empresas y entre países. La experiencia

14 <https://indicelatam.cl/>

FIGURA 4A.

Probabilidad media de automatización de las personas empleadas de 15 años y más por sector de actividad (arriba) y por clase ocupacional (abajo), 2019



Nota: las estimaciones incluyen Argentina, Bolivia, Brasil, Chile (2017), Colombia (2018), Costa Rica (2018), Ecuador, El Salvador, Honduras, México (2018), Panamá, Perú, República Dominicana (2018) y Uruguay. Fuente: extraído de Espíndola y Suárez (2024)

reciente de la pandemia de COVID-19 mostró una aceleración en la adopción digital de las empresas latinoamericanas. No obstante, ese proceso fue heterogéneo y en especial entre grandes empresas y pymes parece haberse ampliado la brecha de adopción digital (Hirs y Vargas, 2023).

Simultáneamente, algunos autores han resaltado las oportunidades que implica abordar el cambio climático y reducir la degradación ambiental en la generación de nuevos de empleos. Los denominados *empleos verdes* pueden definirse como aquellos cuya intensidad de carbono está por debajo de la media de los empleos existentes.¹⁵ Por el contrario, se denominan *empleos marrones* a los que tienen una intensidad de carbono superior a la media (Kape-taniou y McIvor, 2020). Regiones como América Latina, ricas en recursos naturales, presentan ventajas comparativas para producir energía solar y eólica y, por tanto, alcanzar una posición favorable para la transición hacia cero emisiones netas. Al mismo tiempo, esta posible ventana de oportunidad se puede ver favorecida por la reducción de precios de varias tecnologías verdes. En este sentido, este tipo de empleos encuentran oportunidades principalmente en sectores como el de las energías renovables, los bienes y servicios ambientales y la construcción.

Para el caso de América Latina, la evidencia muestra que las mujeres han ganado participación en el mercado laboral y mejorado sus niveles de educación, sin embargo, la creación de empleo bajo la descarbonización se concentra en ocupaciones dominadas por hombres (Saget et al., 2020). Estas ocupaciones son las que requerirán una mayor mejora y capacitación, por lo tanto, crear oportunidades laborales para las mujeres demandará políticas sólidas de capacitación en habilidades relevantes para aprovechar los empleos verdes (Strietska-Illina y Mahmud, 2019). Además, la creación de empleos verdes puede ser una oportunidad para políticas orientadas a reducir los altos niveles de informalidad en los países en desarrollo, al generar valor en sectores vinculados a la descarbonización.

En promedio, la proporción de empleo informal (sin considerar la agricultura) es más del 49 % en América Latina (Saget et al., 2020). La creación de empleos verdes, como parte de la doble transición, enfrenta también la barrera de la escasez de fuerza de trabajo capacitada. Para incorporarse en los sectores formales de

15 <https://www.undp.org/es/latin-america/blog/surfeando-la-ola-digital-aprovechar-america-latina-y-el-caribe-la-oportunidad-de-transformar-su-productividad>

la economía es necesario que los trabajadores reciban capacitación y mejoramiento de habilidades. La doble transición requiere programas intensivos de capacitación y promoción de empleos verdes. De lo contrario, los riesgos de automatización vinculados a ambas tendencias —digitalización y descarbonización— podrían provocar pérdidas de empleo que afectarían la cohesión social a través de una mayor desigualdad. La doble transición tiene que ser capaz de generar un modelo productivo que mejore la redistribución a través de medidas para promover el empleo y la reasignación de trabajadores (Digitaleurope 2021; Nordic Council of Ministers, 2021; European Investment Bank, 2021).

31

Trabajos anteriores señalan la necesidad de un abordaje integral para el desarrollo de capacidades, que abarque la formación de la fuerza de trabajo y el apoyo tecnológico a las empresas, principalmente las medianas y pequeñas. La identificación de estrategias tecnológicas ha sido siempre un reto para las pequeñas y medianas empresas en América Latina. Actualmente, aun cuando las empresas identifican la demanda de tecnología digital asociada a una estrategia de crecimiento, la ausencia de mano de obra calificada se convierte en una barrera para eso, a lo que se suma la escasez de proveedores tecnológicos para pequeñas empresas y, en ocasiones, la inadecuación de las soluciones tecnológicas existentes para el tipo y volumen de actividad de las pymes (Hirs y Vargas, 2023).

Otra dimensión relevante sobre la dinámica del mercado de trabajo y la formación de capacidades refiere a los riesgos de ampliación de *brechas de género*. Estudios sobre energías renovables en la región muestran que las empresas de este sector reproducen sesgos de género de la economía en general. A la vez, en ese sector se aprecia que, mientras que las empresas más productivas son las que tienen más proporción de mujeres, la participación en cargos técnicos y STEM (Ciencia, Tecnología, Ingenierías y Matemáticas, por su sigla en inglés) es relativamente más baja (Arias et al., 2022). Además, la región sigue presentando limitantes a la hora de insertar a las mujeres en sectores clave para la transición digital como el de las TIC —tres de cada diez empleados son mujeres— a pesar de que el promedio de las graduadas en STEM en la región se encuentra por encima del promedio mundial y de la OECD.

Finalmente, una tercera dimensión que destacamos refiere a la *naturaleza global-local* de la doble transición y la importancia de la *cooperación internacional* para definir estrategias efectivas. Eso ocurre en un marco de amplia heterogeneidad y alta concentración

de innovaciones digitales verdes, principalmente en China, Estados Unidos y Europa (Bonaglia et al., 2024). Los países en desarrollo dependen de las innovaciones de estos países para no quedarse atrás ante estas nuevas tendencias. Los mecanismos del mercado no han sido efectivos para la transferencia de tecnologías, en especial para las verdes. La vulnerabilidad de los países al cambio climático y la falta de capacidades tecnológicas exacerbando las escasas posibilidades de transferencias de innovaciones hacia los países del Sur global. Por ejemplo, un estudio llevado a cabo por Gosens (2020) identifica claras diferencias en el comercio Sur-Sur versus Norte-Sur de las tecnologías verdes. En el comercio Sur-Sur, las principales tecnologías comercializadas son la energía solar fotovoltaica, la energía hidroeléctrica y las tecnologías de vehículos eléctricos. El comercio de vehículos eléctricos es la clase de tecnologías de energía limpia de más rápido crecimiento y está dominado por los países del Norte global, lo que significa un desafío para la doble transición del Sur global.

No obstante, la participación en consorcios internacionales puede facilitar la adopción de tecnologías digitales.¹⁶ La doble transición tiene un impacto global más allá de las fronteras nacionales. Por ejemplo, cualquier estrategia nacional para la descarbonización a fin de afrontar el cambio climático será efectiva si involucra a un grupo de países o regiones. Las asociaciones entre países en desarrollo y desarrollados contribuyen a construir una visión global del problema, y permiten a los países en desarrollo adquirir herramientas, habilidades, tecnologías y estándares internacionales para enfrentar las demandas de la doble transición. El éxito de la asociación dependerá de qué tan alineada esté la cooperación internacional con las estrategias nacionales, en particular con las estrategias de los países en desarrollo.

En ese sentido, la cooperación internacional, mediante la definición de estándares y procedimientos, es una herramienta fundamental para la construcción de bienes públicos que facilitan la disponibilidad y acceso a la información para la toma de decisiones. Como destacan trabajos previos, una transición ambientalmente sostenible

16 La intensidad de carbono de un empleo se refiere a la cantidad de gases de efecto invernadero que se generan como resultado de las actividades necesarias para crear y mantener un puesto de trabajo. Para calcularla, se suele considerar la cantidad de CO₂ equivalente emitida por unidad de producción o servicio dentro de un sector dividida entre la cantidad de empleos generados en ese sector.

y socialmente justa requiere de mecanismos que permitan la participación informada (PNUD, 2021; OECD et al., 2022). En el contexto de transiciones globales, una estrategia regional de articulación entre actores nacionales sería una herramienta sumamente valiosa.

Por último, una estrategia regional integrada en América Latina podría ser una opción viable para la creación de un *pacto verde latinoamericano*. La coordinación regional es necesaria para fomentar sinergias entre los países y subregiones, ampliar economías y promover el desarrollo de cadenas de suministro regionales resilientes en torno a tecnologías de bajas emisiones de carbono.

33

1.3. Síntesis: impulsores y barreras para la doble transición

Como se señaló más arriba, la doble transición refiere a la convergencia de dos megatendencias que afectan el modelo de desarrollo global y las estrategias nacionales y locales. Se trata de un proceso en marcha, con avances desiguales en diferentes regiones del mundo y también dentro de América Latina.

En tal sentido, se trata de un fenómeno en el que las posibles trayectorias y estrategias son altamente inciertas. En ese marco, y con el objetivo de incentivar el debate a nivel nacional, parece relevante identificar los factores que pueden operar como impulsores o como barreras para aprovechar las oportunidades y reducir los efectos negativos de la doble transición.

Desde la perspectiva de América Latina, es posible destacar los siguientes *impulsores*:

- La región cuenta con una gran *biodiversidad y disponibilidad de recursos naturales*, lo que puede permitir, además de su valorización económica, que se definan estrategias de desarrollo basadas en su uso sostenible.
 - En este sentido, destaca el abordaje de soluciones basadas en la naturaleza que aprovechen los principios de la naturaleza para abordar los problemas de sostenibilidad social y económica.
- Esto a la vez puede ser un elemento estratégico para participar y negociar en *programas de cooperación internacionales*. El carácter global/local de los desafíos de la doble transición hace

imprescindible el desarrollo de estrategias de cooperación que integren países y regiones con características heterogéneas. En tal sentido, acuerdos de cooperación Sur-Sur, en particular a nivel latinoamericano, así como Norte-Sur, pueden permitir estrategias con soluciones del tipo *ganar-ganar*. Eso supone el enorme desafío de construir una estrategia para que la región se inserte de una manera no subordinada de acuerdo con las oportunidades y necesidades de las economías líderes a nivel global.

- Esto implica también una oportunidad para *estrategias de desarrollo local* que contribuyan a revertir problemas históricos de heterogeneidad estructural, al ofrecer oportunidades de integración a economías locales rezagadas, y así facilitar la incorporación de personas en los sistemas formales de empleo y bienestar.
- La posibilidad de *compatibilizar la transición verde con el aumento del empleo* en América Latina puede impulsar no solo la reasignación de recursos de sectores contaminantes a no contaminantes, sino que, al mismo tiempo, puede contribuir a la reasignación desde sectores de baja productividad hacia sectores de alta productividad.
- Es imprescindible la movilización de *capacidades de innovación* para la mejora de la productividad. Este es un desafío histórico de América Latina, que, de cara a la doble transición, cuenta con un importante margen para crecer sobre la base de la mejora de la productividad —hoy muy baja— con digitalización (aumento de productividad) e innovación verde (reducción de costos, especialmente debido a eficiencia energética).

Por otra parte, como se destacó antes, se identifican *posibles barreras* para la doble transición.

- Un problema crónico de la región es el *déficit en capital humano*, asociado a los problemas de formación, alta informalidad y alta desigualdad. Este es un aspecto crítico para movilizar algunos de los impulsores mencionados más arriba, asociados a la innovación y productividad, pero también a la capacidad técnica y política para negociar en sistemas globales complejos. A la vez, es particularmente problemático mejorar los sistemas de formación continua y capacitación, para impulsar la transición de manera justa e integrada.
- En relación con lo anterior, la región presenta históricamente *deficiencias en sus capacidades de innovación*, lo que incluye,

además de la formación de personas calificadas, la escasa actividad innovadora de las empresas de la región. Esto puede afectar críticamente la adopción de tecnologías verdes y digitales.

- *Financiamiento de la transición* en contextos de restricciones fiscales requiere de mecanismos de financiación público-privada que promuevan las estrategias de desarrollo productivo, generen nuevos negocios asociados a la creación de empleos y, a la vez, aseguren «que nadie quede atrás». Este es probablemente uno de los retos más difíciles en la región, donde las trampas institucionales suelen operar como barreras para transformaciones en la asignación de recursos.
- La *concentración del conocimiento y las capacidades de innovación en tecnologías verdes y digitales en muy pocos países* aparece como una barrera para que se construyan acuerdos de cooperación no subordinados a los intereses de países centrales. Asimismo, esto puede afectar la creación de soluciones adecuadas para las problemáticas de la región; en particular, para la adopción de tecnologías en pymes que actúan en sectores tradicionales.
- Las asimetrías de poder Norte-Sur se ven agravadas por las *dificultades crónicas de América Latina para construir acuerdos de cooperación regional efectivos y duraderos*.
- Muchos de los países de la región enfrentan *problemas institucionales* asociados a la incapacidad de generar y llevar adelante estrategias de desarrollo en el mediano y largo plazo. Esto se agrava, en varios casos de la región, por problemas endémicos de corrupción.

2. Uruguay ante la transición verde y digital

Uruguay ha alcanzado algunos avances significativos en las últimas décadas, tanto en lo que refiere a una agenda para la transición verde como para la digital. Sin embargo, como es común al resto de la región, estas agendas no han estado articuladas entre sí en la definición de objetivos y políticas. En las siguientes páginas, se analizan los retos y signos de progreso experimentados por Uruguay en las transiciones verde y digital, por separado, para, posteriormente, presentar una visión integrada de la doble transición en el país.

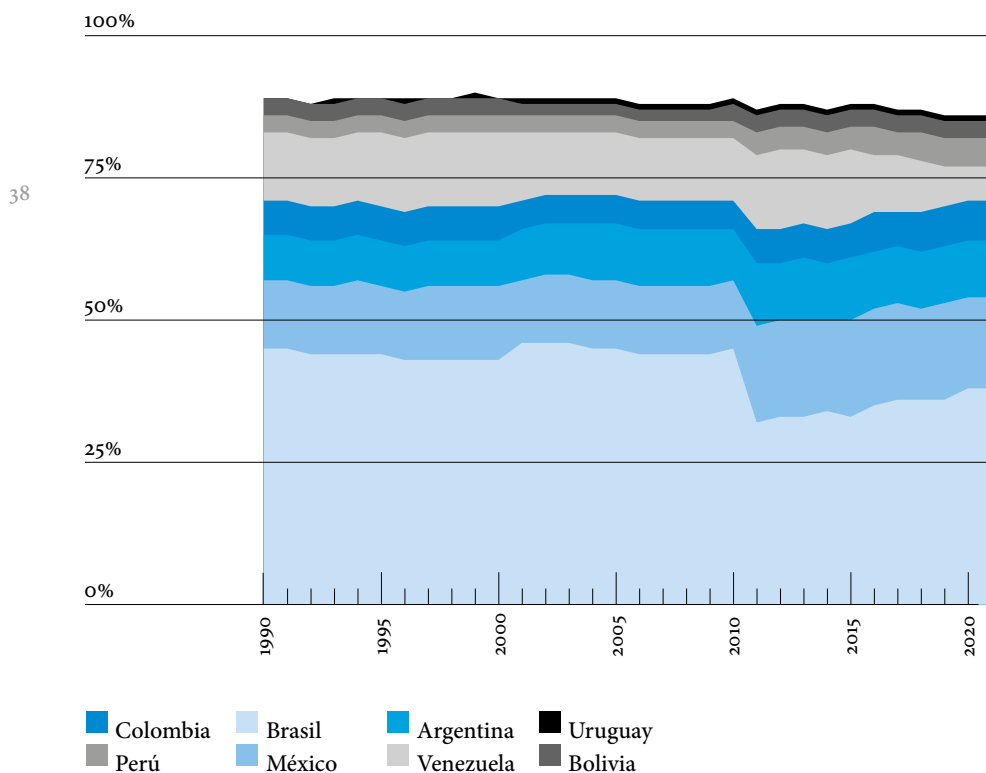
2.1. Transición verde: desafíos y señales de avances en Uruguay

La participación de Uruguay en las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero es ínfima (0,05 % a nivel global) y en términos comparativos con la región, el nivel de emisiones es también muy bajo (0,42 %) (figura 4b). El país ha contado tradicionalmente con buena calidad del aire y del agua, aunque esta última se ha deteriorado en las últimas décadas, registrándose episodios críticos como el ocurrido en Montevideo en 2023 debido a la escasez de agua potable (ver Recuadro 2). No obstante, Uruguay ha asumido compromisos para colaborar con la mitigación del cambio climático y definido estrategias para alcanzarlos.

En ese marco, el Informe sobre el estado del ambiente en Uruguay (Ministerio de Ambiente, 2024) destaca cinco aspectos críticos que conforman los retos ambientales del país ante la doble transición: la calidad del agua, la del aire, el uso del suelo, la biodiversidad y la gestión de residuos (ver recuadro 2). Este tipo de retos se enfrenta en una institucionalidad que ha experimentado importantes transformaciones en los últimos años, especialmente con la creación del Ministerio de Ambiente (MA) en 2020. El MA surgió trasladando varias direcciones del anterior MVOTMA (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente). Esta reorganización

FIGURA 4B.

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO₂e) como porcentaje del total de la región



Fuente: extraído de CEPALSTAT

refleja un esfuerzo por centralizar y especializar la gestión ambiental. No obstante, persisten desafíos en la coordinación y definición de competencias entre el MA y otros ministerios. En particular, algunas investigaciones señalan posibles problemas de bicefalia institucional entre el MA y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) en temas ambientales relevantes (Delbono et al., 2022). Ambos ministerios comparten ciertas competencias relacionadas con la gestión de recursos críticos para el país, como los suelos, las aguas o el monte nativo. Esto provoca que, en ocasiones, surjan desacuerdos (por ejemplo, en materia de transgénicos

y plaguicidas) debido a las diferencias entre ambos ministerios: el MGAP suele promover usos productivos de estos recursos, mientras que el MA tiende a preservarlos. Frente a estos desacuerdos, algunos expertos apuntan que, en el marco institucional del país, no existe todavía un mecanismo de resolución claramente definido, y esto deriva en que sea el MGAP quien habitualmente lidere las decisiones en estos asuntos debido a su mayor peso institucional (Delbono et al., 2022). Además, el presupuesto asignado al MA y al área programática de medio ambiente y recursos naturales no ha mostrado aumentos significativos entre los periodos 2015-2020 y 2020-2025. Esta situación limita la capacidad de las direcciones nacionales del MA para cumplir con sus mandatos de política pública de manera efectiva (Delbono et al., 2022).

Recuadro 2. Panorama de los principales retos ambientales en Uruguay

La *calidad de los cuerpos de agua* varía entre media y buena, aunque algunos tramos están afectados por actividades agropecuarias, centros urbanos e industriales. Las altas concentraciones de fósforo (PT) y de nitrógeno (NT) en diversas cuencas se deben a la intensa actividad agropecuaria y la presencia de centros urbanos e industrias. Aunque la mayoría de los sistemas acuáticos presentan concentraciones aceptables de oxígeno disuelto, las lagunas costeras y las cuencas prioritarias enfrentan desafíos significativos debido a la elevada concentración de nutrientes y la proliferación de cianobacterias. La gestión del agua superficial y subterránea para usos agrícolas, industriales y de consumo humano es crucial, especialmente en cuencas estratégicas como la del río Santa Lucía, que abastece a gran parte de la población nacional.

El cambio climático es un reto significativo. En Uruguay, el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) tienen una participación muy relevante en las *emisiones de gases de efecto invernadero* (GEI). El CH₄, principalmente producido por la fermentación entérica en la ganadería, ha mostrado un aumento del 12 % entre 1990

y 2019. La dinámica de las emisiones de CO₂ ha sido influida por la expansión y cosecha de plantaciones forestales comerciales, así como por cambios en el sector energético y agrícola. La Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y la Estrategia Climática de Largo Plazo buscan mitigar estos impactos al promover una visión a largo plazo de adaptación, resiliencia y reducción de emisiones.

El *uso del suelo* en Uruguay está dominado por la ganadería extensiva en campo natural, que ocupa el 66,8 % del territorio, y la ganadería en pasturas mejoradas, que cubre el 15,8 %. Desde la década de 1990, la superficie agrícola ha experimentado una expansión significativa, alcanzando su máximo en 2013-2014. Aunque el área agrícola se ha mantenido constante en los últimos años, la intensificación agrícola ha aumentado, con lo que ha ejercido mayor presión sobre el recurso suelo debido a la mayor necesidad de insumos y labores agrícolas. Los planes de uso de suelos son fundamentales para la conservación de los recursos naturales al establecer rotaciones que mitigan la erosión y preservan la calidad del suelo. Estas medidas son esenciales para mantener la productividad agrícola sostenible y reducir los impactos negativos sobre el suelo, que es vital para la economía y la seguridad alimentaria del país. Uruguay no experimenta deforestación significativa del monte nativo debido a la protección legal vigente, pero la intensificación agrícola y los cambios en el uso del suelo siguen siendo desafíos críticos en la gestión del cambio climático.

En materia de *biodiversidad* y ecosistemas naturales, Uruguay ha experimentado una notable transformación, en especial en los pastizales, que han disminuido de unos 12 millones de hectáreas en 1985 a 10 millones en 2020. Esta reducción se debe a la expansión agrícola, ganadera y urbana. Aunque han mantenido sus superficies relativamente estables, otros ecosistemas han sufrido degradación, tala ilegal, caza, contaminación y la expansión de especies exóticas invasoras. Entre 2008 y 2022, se integraron 17 áreas protegidas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), lo que demuestra el

esfuerzo por conservar la biodiversidad. Sin embargo, la zona costera, que genera el 75 % del PIB nacional y aloja al 70 % de la población, enfrenta desafíos ambientales significativos, incluyendo la eutrofización de lagunas y la presión del desarrollo urbano e infraestructura. La protección y gestión sostenible de estos ecosistemas son esenciales para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporcionan.

La *gestión de residuos* en Uruguay presenta desafíos significativos. El modelo predominante de disposición final o enterramiento es inadecuado, con infraestructura deficiente que genera impactos negativos como la contaminación del agua, aire y suelo. Además, existe una alta informalidad en la cadena de reciclaje, donde los clasificadores de residuos trabajan en condiciones de vulnerabilidad social y sanitaria. El Plan Nacional de Gestión de Residuos (PNGR) establecido en 2021 busca transformar el modelo actual en uno sostenible, promoviendo la economía circular y la valorización de residuos. A nivel nacional, es esencial cambiar el enfoque hacia la reducción de la generación de residuos y mejorar la infraestructura y condiciones operativas de los sitios de disposición final. Las iniciativas institucionales deben enfocarse en modelos productivos sostenibles y hábitos de consumo que prevengan la generación de residuos, promoviendo la transformación de estos en recursos y generando empleos decentes en el proceso.

Fuente: síntesis elaborada a partir del Informe del estado del ambiente en Uruguay (Ministerio de Ambiente, 2024)

La cooperación internacional ha surgido como un actor crucial, aportando fondos para proyectos centrados en el cambio climático, energías renovables, biodiversidad y recursos hídricos. En Uruguay, más del 30 % de la cooperación internacional se destina a temas ambientales (AUCI, 2019). Sin embargo, la dependencia de estos fondos también plantea riesgos, ya que muchos proyectos no son permanentes y la falta de recursos internacionales puede llevar a la pérdida de personal técnico calificado, lo que socava la institucionalización de las políticas ambientales (Delbono et al., 2022).

Más allá de los problemas y desafíos señalados en el marco institucional, Uruguay ha avanzado en diversas áreas, introduciendo transformaciones relacionadas con la transición verde. *La producción agropecuaria y la agroindustria* enfrentan importantes desafíos ambientales como la contaminación del agua, la erosión y la pérdida de calidad del suelo, la disminución de la biodiversidad y las emisiones de gases de efecto invernadero (CIAT, 2015; PNUD, 2021). En particular, el sector agropecuario es el mayor contribuyente de emisiones en Uruguay, con el 66 % del total, muy por encima del sector energético, que aporta 25 % (INGEI, 2023). Estos casos evidencian la gran disyuntiva que enfrenta el sector: por un lado, debe responder a una demanda internacional en constante aumento y, por otro, abordar con urgencia los importantes retos ambientales que plantea. En esta línea, están en ejecución proyectos orientados a la restauración de ecosistemas y la promoción de explotación ganadera sustentable.¹⁷ Asimismo, se han identificado márgenes para mejora, especialmente en ganadería para producción de carne y sector lácteo. En comparación con otras producciones del agro —como soja, trigo o madera—, estos sectores cuentan con numerosos pequeños productores familiares, que tienen mucho margen de mejora en productividad y prácticas climáticamente inteligentes (CIAT, 2015).

En lo que respecta a *la industria manufacturera y el sector servicios*, datos recientes muestran que, si bien es baja la proporción de empresas de estos sectores que desarrollaron algún tipo de estrategia de impacto ambiental, existe una proporción no despreciable que sí lo hacen, principalmente en actividades de mitigación y prevención y con mayor intensidad en el sector manufacturero que en servicios. A la vez, existen experiencias de innovaciones orientadas a obtener beneficios ambientales que forman parte de una estrategia de las empresas de mejora de la eficiencia o de la posición en el mercado (Bukstein et al., 2023).

Por otra parte, existen iniciativas de economía circular para el tratamiento de residuos de las cadenas productivas agropecuarias y forestales (ver recuadro 3). Estas se encuadran dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular (CEPAL–Uruguay, 2024), que define metas y acciones para la transformación de las formas de producción y consumo en el país. Se destaca entre estas actividades el Plan de Acción Nacional de Economía Circular (2019), que pone el tema en agenda y tiene como principales objetivos generar

17 Un ejemplo es Prospecta Américas: <https://en.comcytcentral.org/prospecta-americas>

evidencia e información para nuevas políticas públicas y para el fomento de la investigación e innovación en el tema. Este plan establece áreas prioritarias asociadas a algunos de los principales sectores productivos nacionales basados en recursos naturales: cárnico, lácteo y forestal; a la vez que incluye actividades de servicios relacionadas: servitización, valorización de materiales, desperdicios de alimentos y empaques (Braude et al., 2024). Trabajos previos han destacado que Uruguay ya posee ventajas comparativas para realizar las actividades de bioeconomía que integran estas cadenas (Rodríguez et al. 2017).

Recuadro 3. Experiencias de economía circular y gestión de residuos **Bioterra: pellets de compost y sustratos**

La empresa Bioterra —actuando en el marco del programa Biovalor—¹⁸ es un operador de residuos que, mediante el agregado de valor al compost, amplió su cartera comercial posicionándose como proveedor en nuevos mercados (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2020). A partir de residuos de frigoríficos, industria oleaginosa, podas municipales y otros residuos agroindustriales, la empresa produce pellets de compost (enriquecido con nutrientes) y también sustratos.

En general recibe sus ingresos principales del servicio de gestión de residuos y, en forma secundaria y complementaria, de la venta de compost. Sin embargo, el agregado de valor es una innovación que abre nuevos mercados, ya que el pellet enriquecido permite mitigar la incidencia negativa del transporte hacia mercados lejanos. Por lo tanto, es un sector que tiene potencial

18 Ver Proyecto GCP/URU/034/GFF Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración del suelo en pastizales uruguayos. Ejecutado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) y el Ministerio de Ambiente (MA), con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). <https://www.ccacoalition.org/es/resources/produccion-ganadera-climaticamente-inteligente-y-restauracion-de-suelo-en-pastizales-uruguayos-protocolo-de-monitoreo-del-metano>

para crecer, aunque esto depende de inducir una demanda a partir de demostrar los beneficios de su uso a nivel productivo. Se trata de un rubro que, además de los beneficios de una gestión más eficiente de residuos y una actividad directa de agregado de valor, puede tener también impacto indirecto en el aumento de la productividad en las actividades agrícolas locales. No obstante, es una actividad que, de crecer en escala, tiene que considerar soluciones a impactos locales negativos, por ejemplo, en el manejo de los olores que se generan.

Ontilcor SA: uso de residuo ruminal para la generación de energía en la industria cárnica

Ontilcor SA es un frigorífico ubicado en Pando (Canelones) dedicado a la faena y desosado de ganado vacuno (con capacidad de faena de 800 animales por día). Este frigorífico aprovecha el contenido ruminal (desperdicios que se generan en la faena) mediante su combustión directa en caldera junto con leña. El contenido ruminal se produce en grandes cantidades y tiene un alto poder calorífico, por lo que es eficiente para la sustitución parcial de leña en los generadores de vapor para alimentar plantas industriales en la industria frigorífica. El proyecto se encuentra en plena operación desde enero de 2019, con el resultado de que se logra utilizar todo el residuo generado y se alcanza una sustitución de un kilogramo de leña cada dos kilogramos de residuos.

Esta iniciativa constituye una experiencia escalable, que tiene importancia para un país donde la industria frigorífica tiene un peso importante en la economía. Esto lograría, además de la disminución del impacto ambiental, una gestión y valorización del residuo que permitiría un ahorro en el consumo de leña y en los costos de disposición final del residuo.

En un documento reciente del Ministerio de Industria, Energía y Minería (2020) se señala que en el país se generan algo más de 15.000 toneladas al año (base seca) de residuos de contenido ruminal (sólidos de aguas

verdes) y, en las condiciones actuales de infraestructura, al menos 5.000 toneladas podrían ser incorporados a sistemas como el de Ontilcor. Como parte de una estrategia de sostenibilidad ambiental de una de las principales actividades productivas del país y motor de las exportaciones, estas iniciativas permitirían una solución a la gestión del contenido ruminal como residuo.

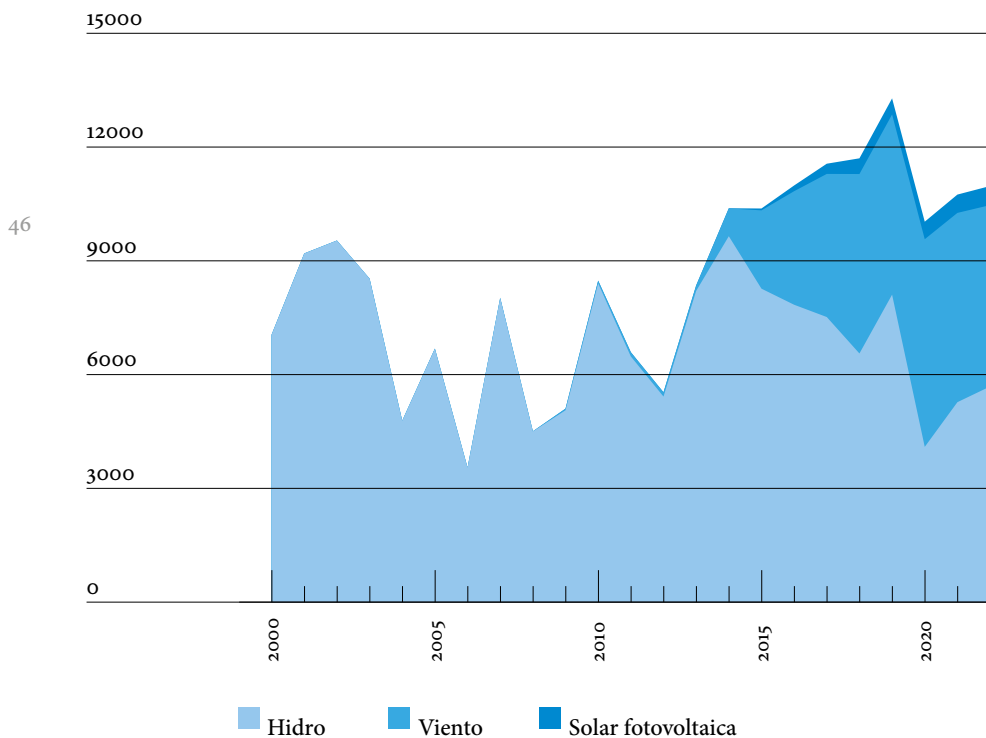
Probablemente el área donde existe mayor avance hacia la transición verde en Uruguay ha sido la *transición energética*. A Uruguay tan solo le llevó una década cambiar la matriz energética de hidrotermal a eólica (ver figura 5). Esto fue el resultado de una política de Estado de largo plazo bajo el nombre *Política energética 2005-2030*.¹⁹ Esta estrategia ha logrado que en la actualidad el 97 % de la energía eléctrica generada en el país provenga de fuentes renovables (dato promedio de los últimos cuatro años, MIEM, 2020), lo que sitúa a Uruguay en una posición de liderazgo a escala internacional (tabla 5). Otro aspecto a destacar es que la transición hacia la generación de energía renovable ha tenido un enfoque inclusivo, y uno de los principales resultados ha sido la inserción exitosa de los trabajadores vinculados a la industria de combustibles fósiles en la cadena de valor de las energías renovables (Alfonso et al., 2023).

El diseño e implementación de una política energética nacional permitió la rápida consolidación de la energía eólica en Uruguay (Bertoni y Messina, 2023). Estos autores consideran que el proceso de descarbonización de la matriz energética se basó en la articulación público-privada con liderazgo estatal, y fue posible gracias a la existencia de un acuerdo multipartidario sobre la promoción de energías renovables no convencionales, la existencia de una empresa pública con poder monopsónico, el conocimiento acumulado en los equipos de investigación de la Universidad de la República y, finalmente, la adopción de contratos del tipo *Power Purchase Agreement* para el desarrollo de las energías no renovables.²⁰ Eso permitió la creación de un mercado donde los agentes privados consiguieron desarrollar un negocio de muy bajo riesgo pues su rentabilidad estaba contemplada en el precio de venta de la energía. Este proceso

¹⁹ <https://biovalor.gub.uy/>

²⁰ <https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/politica-energetica>

FIGURA 5.
Evolución de la generación de electricidad renovable
(gigavatio-hora [GWh]) por fuente (no combustible) en Uruguay



Fuente: IEA

Tabla 5. Participación de las energías renovables en la generación de electricidad
(ranking regional/internacional, 2022)

| Ranking regional | | | Ranking internacional | | |
|------------------|------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|
| 1 | Paraguay | 100 | 11 | Eswatini | 97,2 |
| 2 | Costa Rica | 100 | 12 | Tayikistán | 92,7 |
| 3 | Uruguay | 91,1 | 13 | Uruguay | 91,1 |
| 4 | Brasil | 87,7 | 14 | Zambia | 88,9 |

ha generado nuevos empleos. Según Alfonso et al. (2023), el sector de las energías renovables puede considerarse un motor de empleo verde asociado a la creación de nuevas empresas y actividades en el país (ver recuadro 4). Según los autores, este sector empleó a unas 11.000 personas en 2018 y creó alrededor de 3.000 nuevos puestos de trabajo entre 2013 y 2018.

Recuadro 4. Energía renovable a partir de biomasa forestal y agrícola: el caso de la empresa Fenirol

Alrededor del 70 % de los residuos sólidos industriales generados se derivan a destinos de valorización, y 34 % de este se corresponde con la producción de energía a partir de biomasa (Ministerio de Ambiente, 2024). Esto ha constituido una solución eficiente y rentable para los sectores de madera y molienda.

En este rubro, la empresa Energía Renovable Tacuarembó (ERT), conocida como Fenirol SA, utiliza residuos y subproductos forestales, como corteza de pino, chips y aserrín, así como cáscara de arroz, con una capacidad instalada de 10 megavatios (MWe). Trabaja con una turbina de vapor para generar electricidad a través de la combustión directa de la biomasa.

Fenirol, ubicada cerca de la ciudad de Tacuarembó, se dedica específicamente a producir energía, no lo hace como complemento de otra actividad. Desde 2009 entrega energía a la red de UTE. La empresa puede responder con su máxima capacidad instalada cuando UTE lo solicita, ya que almacena energía mediante el acopio de la biomasa. De esa manera la empresa desarrolla una actividad complementaria de los procesos productivos de la región norte del país, en particular de la industria de aserrado mecánico de madera. Se ha enfocado en el empleo de la corteza de pino, que es un residuo que no tiene otro uso, por lo que es altamente eficiente en términos del costo para la empresa, y para la economía regional, en la recuperación de un material que no tiene otra fuente de valorización, al tiempo que

no compite con la biomasa para la celulosa en Uruguay, que no utiliza pino.

Desde el punto de vista del desarrollo local, este tipo de emprendimiento genera oportunidad en los territorios del interior del país de nuevas actividades industriales que agregan valor y mejoran la eficiencia de las cadenas productivas basadas en recursos naturales que ya están presentes. A la vez, suman su demanda de servicios productivos y mantenimiento a las que las agroindustrias generan para el medio local. Su funcionamiento está altamente automatizado y digitalizado, por lo que, si bien se generan puestos de trabajo de calidad, su impacto en el empleo directo es bajo.

Por otra parte, es una empresa que tiene un rol estratégico para la política de energía renovable en el país, ya que genera energía verde en forma estable y continua, con posibilidad de alta flexibilidad: en un mismo día puede operar a máxima capacidad, en reducción y al *spot* cuando el sistema eléctrico nacional la convoca en las horas de mayor demanda. A la vez, en 2012 el proyecto fue validado por las Naciones Unidas en el Protocolo de Kyoto, al generar certificados de carbono en relación con el cambio climático.

Fuente: elaboración propia a partir de informes del Ministerio de Industria, Minería y Energía (<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/publicaciones/plantas-operacion-energia-renovable-tacuarembu>) y de una visita de campo realizada el 14/06/2024 en el marco de actividades curriculares de la Tecnicatura en Desarrollo del CENUR Noreste de la Universidad de la República.

Estos avances muestran que Uruguay recorrió una primera transición energética de manera virtuosa. Los desafíos para una segunda transición energética parecen mayores, ya que supone la desfossilización del transporte y de la industria. En ese sentido, se están explorando otras alternativas, como la producción de hidrógeno verde (ver recuadro 5). Uruguay se encuentra en la posición de producir competitivamente hidrógeno verde por su alto potencial

para la generación de energías renovables no convencionales y la alta complementariedad entre la energía eólica y la energía solar (Ferragut et al., 2022; Medina et al., 2021).

Recuadro 5. Hidrógeno verde: oportunidad e incertidumbre

El hidrógeno verde puede exportarse como materia prima (H_2) o producir tanto combustibles sintéticos como amoníaco verde para usos en industria, transporte, calentamiento, energía, para exportación y/o para su uso en transformar la matriz productiva de la economía nacional. De acuerdo con la «Hoja de ruta del hidrógeno verde» (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2022), para el mercado interno se visualizan oportunidades para aplicar en los sectores de fertilizantes, transporte terrestre y transporte marítimo. En cuanto a la exportación, la hoja de ruta señala que el producto con mayor perspectiva de futuro es el e-jet fuel (combustible para aviación), seguido de la exportación del hidrógeno verde y, con menor relevancia, la exportación de amoníaco verde y e-metanol para transporte marítimo.

Parece claro que la dimensión de la oportunidad de las exportaciones de hidrógeno verde y productos derivados por parte de Uruguay hacia mercados como Europa y Estados Unidos dependerá de la competitividad relativa frente a países y regiones competidores como Medio Oriente, Brasil, Chile o el norte de África. La competitividad relativa variará dependiendo del tipo de producto y la distancia entre producción y destino. Por lo tanto, parece importante poder afinar una estrategia como país al respecto de qué tipo de producto desarrollar y dirigido hacia qué mercado.

Sin embargo, la propia hoja de ruta establece que hay incertidumbre respecto a la tecnología y al comportamiento de los mercados a nivel global. En general —no solo en Uruguay, sino en el mundo— hay proyectos en fase de desarrollo, con una tecnología de frontera, pero

aún no consolidada. Algunos de los riesgos que se señalan son: *a)* surgimiento de variaciones en las tecnologías (que están en desarrollo) y cambios en sus costos; *b)* desarrollos de ofertas competitivas de otros países mejor posicionados por cercanía a los mercados principales como Europa y Estados Unidos; *c)* reacción de las *viejas* tecnologías que ofrecen menores precios del gas y del petróleo, lo que puede frenar el ritmo de la transición verde global; *d)* lento desarrollo de infraestructuras y capacidades en el país para impulsar una industria del hidrógeno verde (lo cual se refuerza con el marco de incertidumbre que puede frenar la inversión).

De acuerdo con Uruguay XXI (2023), hay tres proyectos en Uruguay relacionados con el hidrógeno verde.

1. En Paysandú, impulsado por HIF Global, empresa chilena, que, de acuerdo al memorando de entendimiento firmado con el gobierno de Uruguay,²¹ invertiría 6.000 millones de dólares en la producción de 180.000 toneladas de combustibles sintéticos al año, utilizando una parte de las 710.000 toneladas de dióxido de carbono de la planta de etanol de ALUR en Paysandú. Se producirán e-combustibles, como e-gasolina y e-diésel, que podrán utilizarse en vehículos tradicionales. El proyecto tiene dos fases, la primera se extenderá hasta 2026 y consistirá en la construcción de la planta electrolizadora y la infraestructura de almacenamiento y distribución; la segunda, culminará en 2027 y consistirá en la construcción de la planta de producción de e-combustibles.
2. Tambor Green Hydrogen Hub, en Tambores (Tacuarembó), impulsado por la empresa alemana Enertrag. Prevé la construcción de un parque

21 Los Power Purchase Agreements (PPA), o contratos de compra de energía, son acuerdos de largo plazo entre un productor de energía y un comprador que, en el caso de Uruguay, es la empresa estatal UTE. Este tipo de acuerdos permite asegurar un suministro de energía estable a largo plazo, facilitando la planificación financiera y operativa de ambas partes.

eólico y un parque solar con una capacidad total de 350 megavatios (MW). Esta energía, mediante un electrolizador, producirá hidrógeno verde, y prevé un volumen de 15.000 toneladas. Se utilizará el hidrógeno verde para producir e-metanol, que puede utilizarse en la industria química y en el transporte.

3. Piloto H24U es un proyecto de desarrollo de hidrógeno verde para el transporte de carga pesada en Uruguay. Es una iniciativa de las empresas Saceem, CIR, Air Liquide y Fraylog, que obtuvo apoyo del Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde del MIEM. Consiste en la conversión de 17 camiones del sector forestal para que funcionen con hidrógeno verde. Se prevé construir una planta electrolizadora de 1 MW en Pueblo Centenario, Durazno, que será alimentada por energía de un parque solar de 2 MW. El proyecto tendrá un costo total de 43,5 millones de dólares, de los que el MIEM aportará 10 millones a través del Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde.

Estas iniciativas representan apuestas importantes para profundizar la transición energética en Uruguay a partir de una nueva fuente de energía. No obstante, en esta fase de transición se trata de actividades con alta incertidumbre sobre los resultados. Esto refiere a la eficiencia de los procesos tecnológicos y económicos, pero también al balance ambiental de su desarrollo y producción. En el caso particular del hidrógeno verde, el debate se centra en los volúmenes y fuentes de agua necesarios para su producción.

Otra área donde Uruguay ha tenido avances relevantes en relación con la transición verde es en el desarrollo de finanzas sostenibles.²² Por un lado, se emitieron bonos indexados a indicadores de

²² <https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/gobierno-firmo-memorando-entendimiento-para-construir-planta-hidrogeno-ver>

cambio climático (BIICC) por 1500 millones de dólares en 2022 y por 700 millones de dólares en 2023. Estos son títulos de deuda que están asociados al cumplimiento de dos indicadores: 1) reducir 50 % las emisiones de gases de efecto invernadero para 2025 (respecto a 1990); 2) mantener el 100 % del área de bosque nativo para 2025 (respecto a la de 2012). Si se cumplen (o se sobrecumplen) las metas, la tasa de interés se mantiene. Si se incumplen, se agregan 15 puntos básicos por cada indicador incumplido. La evaluación de los indicadores se hará en octubre de 2027.

Uruguay innovó a escala internacional con la emisión del BIICC, lo cual fue posible sobre la base de la infraestructura estadística de reporte, monitoreo y verificación de emisiones que dispone Uruguay. El diseño del BIICC implicó un importante esfuerzo de coordinación interministerial, con la participación de diversas oficinas gubernamentales, tanto en el ámbito de las finanzas públicas como del seguimiento ambiental y productivo. Existe la Mesa de Finanzas Sostenibles, coordinada por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y el Banco Central, como espacio público-privado para el diálogo y elaboración de estrategias en la materia. Por otra parte, estas iniciativas han contado con el asesoramiento de agencias internacionales, específicamente BID y PNUD,²³ con este último como encargado de la verificación externa de los reportes anuales de los indicadores de seguimiento del BIICC.

Otra innovación financiera relevante fue la adopción de un préstamo indexado a indicadores de cambio climático (PIICC) otorgado por el Banco Mundial por valor de 350 millones de dólares. También en este caso se cuenta con el apoyo de PNUD para la verificación externa de indicadores. El PIICC prevé la reducción en la tasa de interés (en hasta 100 puntos básicos por año) si Uruguay sobrecumple sus compromisos de reducción en la intensidad de emisiones de metano en la producción de carne vacuna, establecidos en el Acuerdo de París. Esto permitiría un ahorro en intereses, a lo largo de la vida del préstamo, de hasta 12,5 millones de dólares, que se canalizarían hacia proyectos agropecuarios climáticamente inteligentes. El préstamo no incluye una penalización financiera si no se cumplen los objetivos ambientales.

El diseño del préstamo demandó fuertes capacidades técnicas del Estado e implicó también una estrecha coordinación entre el MEF,

23 https://deuda.mef.gub.uy/innovaportal/file/31209/1/reporte-de-deuda-espanol_noviembre.pdf

el MGAP y el MA, así como entre estos y los equipos técnicos del Banco Mundial. El préstamo está respaldado por un sistema robusto y transparente para la estimación y verificación anual de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otra parte, Uruguay participará en el programa piloto del nuevo instrumento de préstamo CLIMA del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que recompensará con una bonificación (5 % del capital prestado) a los países que alcanzan metas climáticas. Para acceder al beneficio de BID CLIMA, el país deberá cumplir con tres indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés): establecimiento de objetivos ambientales ambiciosos; identificación de políticas y gastos adecuados para alcanzar dichos objetivos, y capacidad de medir e informar sobre sus progresos en forma oportuna.

Las innovaciones implementadas en el ámbito financiero e institucional probablemente tendrán una incidencia en el desempeño en materia ambiental durante los próximos años. Pero, además, supone el tipo de transformaciones institucionales necesarias para contribuir a hacer efectivas las ventanas de oportunidad que surjan de la doble transición.

Por último, Uruguay ha ampliado su mar territorial significativamente (con 245 000 kilómetros cuadrados de territorio marítimo, 58% del total de la superficie actual del país), lo que lleva a la necesidad de incorporar los desafíos de la economía azul o economía oceánica como parte de la transición verde. La economía oceánica sostenible es un enfoque que busca combinar protección ambiental, producción económica y prosperidad social equitativa en los océanos, mares y zonas costeras, articulando las actividades económicas y sociales basadas en el océano junto con los servicios eco-sistémicos marinos (OECD, 2016, Konar y Ding, 2020).

Al respecto, en 2021 se publicó un informe del PNUD (UNEP-WCMC y GRID-Arendal, 2021) sobre los desafíos y oportunidades para la Economía Azul en Uruguay, identificando políticas favorables a su desarrollo pero también limitaciones en integración intersectorial y financiamiento a largo plazo, así como la falta de un enfoque de gobernanza integral para el océano y la costa de Uruguay. A su vez, la Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (DICYT) está impulsando la discusión de una hoja de ruta nacional en bioeconomía azul (Amestoy, 2025). Ese trabajo destaca posibles líneas de I+D+i en economía azul a la vez que señala a importancia de mecanismos de gobernanza que articulen a todos los agentes del sistema.

Por otra parte, en 2025 se aprobó la conformación del Instituto de Ciencias Oceánicas de la Udelar (ICO)²⁴, integrado por más de 90 docentes en diferentes programas de investigación que siguen un enfoque interdisciplinario para abordar los sistemas social-ecológicos marinos y fortalecer el sistema nacional de I+D+I.

2.2. Transición digital: desafíos y señales de avances en Uruguay

También en lo que respecta a la transición digital, Uruguay presenta indicadores favorables respecto a la región. El país ocupa actualmente posiciones de liderazgo en la región en lo que refiere al acceso a tecnologías digitales y desarrollo de procedimientos de gobierno digital. A eso han contribuido diferentes iniciativas de política pública y de coordinación público-privada, que han aportado a la difusión de mecanismos de acceso a la infraestructura y las tecnologías digitales.

Según los datos disponibles, nueve de cada diez uruguayos tienen acceso a internet. Desde la década del 2000, el país ha estado a la vanguardia de la política digital por llevar a cabo el programa *Plan Ceibal*. Este programa es reconocido mundialmente por su valor en inclusión digital alentada por el objetivo de otorgar a cada estudiante de escuela primaria el acceso a internet, liderado por una fuerte relación pública entre el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) y la empresa pública de comunicaciones (ANTEL) (Mazzucato, 2023).

Esa iniciativa se complementa con la inversión sostenida en el tendido de fibra óptica en todo el país, que alcanzó al 100 % de las escuelas públicas y proveyó acceso a internet de alta velocidad al 75 % de los hogares. A la vez, el país desarrolló tempranamente las condiciones tecnológicas para la comunicación celular 5G.²⁵

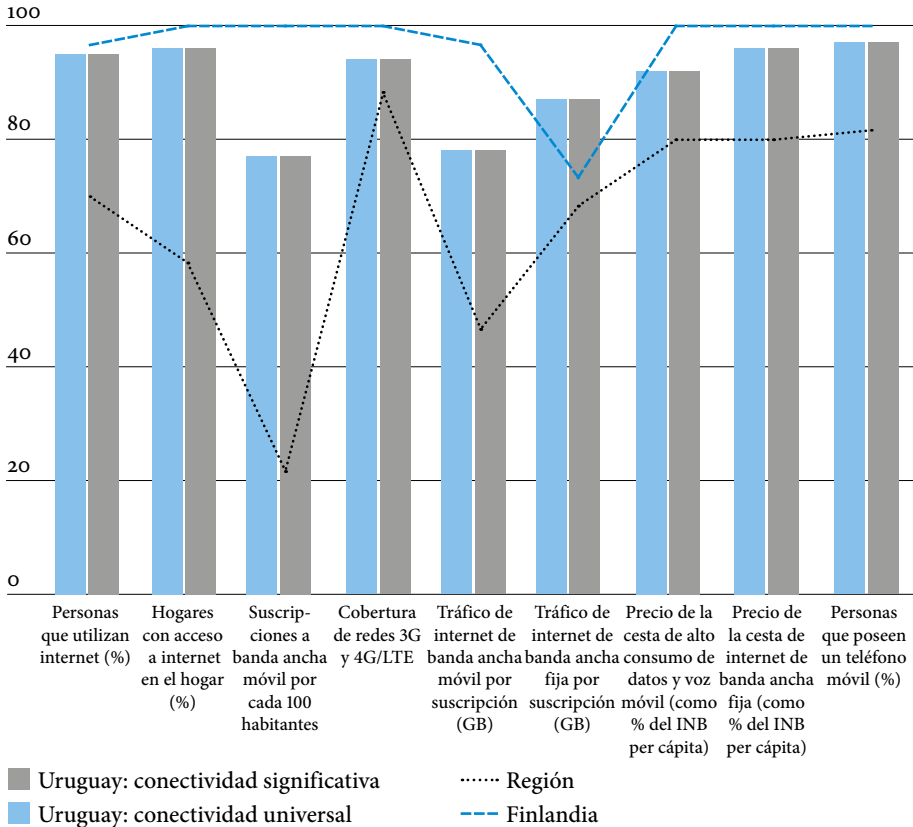
En ese marco, las brechas de acceso a internet según región y nivel de ingresos se han reducido desde 2010.²⁶ El índice de desarrollo de las TIC calculado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, refleja dos dimensiones complementarias: 1) la conectividad universal, que depende de los consumidores, y 2) la conectividad

24 <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/temas-politica/emision-bono-soberano-indexado>

25 <https://investigacion.udelar.edu.uy/instituto-ciencias-oceanicas/>

26 <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/noticias/articulo/uruguay-una-revolucion-tecnologica-en-poco-mas-de-una-decada/>

FIGURA 6.
Indicadores de conectividad universal
y conectividad significativa, 2024



Fuente: elaboración propia, extraído de UIT

significativa, que refleja la infraestructura con la que estos cuentan para conectarse. Si bien Uruguay se encuentra bien posicionado en estos indicadores en relación con la región (89,9, año 2024), cuando se compara con los países líderes, como Finlandia (98,1, año 2024), Uruguay se encuentra ante el reto de profundizar el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

Para eso, la política pública ha implementado una serie de estrategias en torno a la Agenda Digital 2025. Esta agenda define las prioridades del desarrollo digital en Uruguay y uno de los objetivos

de mediano plazo es consolidar el desarrollo sostenible junto con una *sociedad digital* justa.²⁷ La estrategia cuenta con 12 objetivos: ciudadanía digital, integración a la comunidad, nuevas estrategias para el empleo, un Estado más simple de interactuar, transformación digital en sectores productivos, datos como activo, aceleración digital de las organizaciones públicas, innovación pública, conectividad universal de calidad, ciberseguridad, gobierno como plataformas, y seguridad jurídica para la transformación digital.

Los desafíos que impone la transición digital para Uruguay requieren marcos de cooperación multilaterales, como el reciente Pacto Digital Global adoptado en la cumbre del Futuro en setiembre de 2024. En pocas palabras, el reciente pacto destaca la relevancia de reducir las brechas digitales, ampliar la economía digital, promover un entorno digital inclusivo, abierto y seguro, la gobernanza responsable de datos equitativos e interoperables y la gobernanza internacional de la inteligencia artificial.²⁸ En este sentido, Uruguay ha realizado importantes avances en el desarrollo de infraestructura pública digital (IPD), como el Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG) o la Certificación Electrónica Nacional, para dar algunos ejemplos de esfuerzos por parte del Estado para moldear el destino digital del país.

Más allá de los avances en el proceso de transición digital y de la ampliación del acceso a conectividad de alta velocidad, Uruguay presenta aún grandes desafíos, especialmente en la difusión y adopción de tecnologías en sus actividades productivas y laborales. Un estudio realizado por Barafani et al. (2020) sobre la transformación tecnológica de las empresas industriales uruguayas revela que —en los rubros analizados (alimentos procesados y bebidas, farmacia y construcción)— las empresas uruguayas muestran indicadores de baja adopción de TIC avanzadas. Mientras que la mayoría de las empresas utilizan tecnologías de primera y segunda generación, las TIC de cuarta generación, que permiten el procesamiento inteligente e integrado para la resolución de problemas, han sido adoptadas por poco más del 1 % de las empresas relevadas.

Esto supone uno de los principales desafíos para la transición digital en Uruguay. Al igual que ocurre en la región, las empresas

27 <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/datos-y-estadisticas/estadisticas>

28 <https://www.gub.uy/uruguay-digital/comunicacion/publicaciones/agenda-uruguay-digital-2025-sociedad-digital-resiliente/agenda-uruguay-o>

uruguayas presentan problemas crónicos de estancamiento de productividad, para lo cual la adopción de TIC avanzadas aparece como una estrategia necesaria. No obstante, como se señaló antes, ese tipo de estrategias puede tener efectos en el número de empleos.

Según un estudio reciente, se ha corroborado en el país un desplazamiento del tipo de habilidades y calificaciones requeridas con el avance de la automatización. De acuerdo con Aboal et al. (2021), se observa una reducción del empleo de baja calificación y un aumento de las tareas cognitivas en desmedro de las manuales. Los autores alertan que la digitalización y los shocks macroeconómicos estructurales de las economías latinoamericanas requieren políticas del mercado de trabajo. Un aspecto clave resaltado por los autores es la formación profesional. A la vez, Isabella et al. (2017) resaltan que el riesgo de automatización de los empleos en Uruguay es mayor que el que se muestra en las estimaciones para los países desarrollados. El informe destaca que el riesgo de automatización es mayor en los rubros vinculados al sector agropecuario, a las finanzas y a la elaboración de alimentos, y es menor en los sectores de cuidados. En ambos trabajos se destaca la importancia de la formación, capacitación e inversión en educación para la transformación de empleos y la generación de nuevos empleos.

En ese sentido, Apella y Zunino (2017) emplean el enfoque de las tareas con el fin de localizar cambios en la demanda de trabajo debido al cambio tecnológico en Uruguay. Estos autores encuentran que la importancia de las tareas cognitivas se ha incrementado en detrimento de las tareas manuales fruto de transformaciones en la organización interna de cada ocupación y de cambios entre los sectores de actividad y entre ocupaciones.

Si ponemos la lupa en el sector productivo, más específicamente en la industria, observamos que, en los rubros de alimentos procesados y bebidas, farma-química y construcción, las habilidades rutinarias y blandas son las más valoradas por las empresas uruguayas, encontrándose por debajo en valoración las habilidades vinculadas a STEM (Barafani et al., 2020).

Un caso muy relevante para el análisis de los procesos de adopción de TIC y sus efectos en el empleo es el que siguieron las empresas y trabajadores del sector bancario en Uruguay. En Giudice et al. (2020, 2023) se muestra la estrategia asumida desde la Asociación de Empleados Bancarios del Uruguay (AEBU) para abordar los desafíos para el trabajo en el sector bancario en Uruguay frente a los impactos de la incorporación tecnológica en el sector

financiero, vinculados a la automatización y digitalización. Frente a este escenario de cambio, los trabajadores agremiados en AEBU realizaron una serie de actividades que implicaron contratar consultorías de expertos para comprender el proceso en marcha y las principales tendencias, en el marco de una metodología participativa y utilizando la técnica de la prospectiva, para poder construir un escenario futuro deseado, y posible, que pudiera guiar el debate y generar insumos para líneas de acción.

El diagnóstico de partida (Giudice et al., 2020 y 2023) muestra una transformación muy grande del sector financiero. La rentabilidad de las instituciones financieras, luego de la crisis internacional de 2008, se vio afectada negativamente por un escenario de crecimiento moderado, tasas de interés históricamente bajas y mayores limitaciones regulatorias. Las estrategias de las firmas para afrontar este escenario fueron reducir los costos (reducción de los recursos humanos) y ampliar mercados intentando el acceso a servicios financieros de nuevos agentes, antes excluidos. Como resultado se identifica una creciente conglomeración de empresas financieras, centralización de las tareas y decisiones en las casas centrales, y subcontratación de servicios. Se puede mencionar el declive de la actividad de las empresas transportadoras de valores, un incremento de las firmas que proveen tecnologías relacionadas con los pagos digitales, una modalidad para los retiros y trámites que el sistema financiero crecientemente canaliza a través de un sistema de correspondencias, con las redes de pagos y cobranzas junto con las de las casas de cambio, que prioriza respecto a los agentes que se encuentran más dispersos en el territorio y en contacto con el público. Lo anterior supone un crecimiento de los empleos fuera del sistema financiero tradicional, lo que implica otras condiciones tanto salariales como de beneficios derivados de la negociación colectiva.

La transformación digital de los bancos puede darse con diferentes estrategias, desde digitalizar ciertos procesos, crear una división digital dentro de la institución tradicional o transformar totalmente el banco en digital. Uno de los procesos más aplicados en Uruguay fue la digitalización de los procesos y servicios, como los medios de pago o los canales por los cuales se interactúa con los consumidores. A la vez, los bancos privados y el BROU crearon divisiones de banca digital. A esto se le suman nuevos jugadores con actividad en el sistema financiero y una base tecnológica: las *fintech*. Frente a esto los bancos desarrollaron nuevos canales y productos, e incluso realizaron adquisiciones de *fintech*.

De los estudios contratados por AEBU se destacan como herramientas tecnológicas para la digitalización la inteligencia artificial y el *machine learning*, que junto con el *big data* permiten utilizar grandes bases de información para estrategias comerciales en segmentos masivos. En las instituciones financieras, la digitalización se refleja principalmente en la transformación de los canales de venta, pasando a canales digitales. Entre 2010 y 2021 se instalaron 7.600 cajeros automáticos nuevos y se redujeron las sucursales bancarias en 20 %; las redes de pagos y cobranzas crecieron 28 %; disminuyó 10 % el empleo en el sector financiero y aumentó 80 % la productividad laboral. A la vez, la automatización ha aumentado en tareas manuales, mientras que las tareas cognitivas, especialmente las no rutinarias, crecieron. Estas transformaciones fueron de la mano de la política pública en Uruguay, con el Programa de Inclusión Financiera y la ley 19210 de 2014, que fue clave para expandir el acceso bancario a segmentos previamente excluidos y a pequeñas empresas. A lo anterior se sumó la pandemia de COVID-19, que aceleró los planes de digitalización, adaptando las preferencias de los usuarios hacia métodos digitales y no presenciales, lo que plantea también nuevos retos, como la protección contra fraudes y la discriminación algorítmica.

En el proceso de reflexión frente a la transformación del sector, estos cambios se analizaron mediante cinco vectores clave: 1) adopción de tecnología en el sector financiero, 2) transformaciones en el ecosistema del negocio financiero, 3) normas y regulación, 4) impacto en los usuarios, 5) sindicalismo y relaciones laborales. Más allá de los resultados del proceso, es interesante señalar el valor de esta experiencia como estrategia de abordaje desde la perspectiva de los trabajadores de un sector que se transforma radicalmente. Es muy rica la experiencia en tanto no se reacciona queriendo frenar o evitar una transformación tecnológica, de carácter global, sino que se trata de comprenderla, tanto en sus aspectos de transformación técnica como organizacional y política, en términos de las relaciones sociales y de poder. Esto permite transitar un proceso de reflexión que, sin dudas facilita a los agentes, en este caso los trabajadores, mejores oportunidades para adaptarse a los cambios e incidir en los procesos de forma favorable a sus intereses.

De este proceso, recogido en los documentos de consultoría que plasman la reflexión conjunta con AEBU (Giudice et al., 2020), se interpreta que la tecnología mejora la productividad y las condiciones laborales, pero también reproduce aspectos negativos de las decisiones humanas, como errores de diseño, así como perpetúa

desigualdades estructurales. Esto resalta la necesidad de promover espacios para las negociaciones, buscando transiciones razonables y considerar principios éticos más allá de la rentabilidad económica. Los documentos explicitan que la incorporación de tecnología es un espacio de discusión política donde deben lograrse acuerdos para minimizar efectos negativos y potenciar los beneficios para todos. Los cambios en las tareas incluyen nuevas formas de contratación, mayor flexibilidad, polarización del empleo, aumento del teletrabajo y tercerización, lo que tiene efectos positivos y negativos, que no afectan a todos por igual (en particular, identifican mayores perjuicios para las mujeres). A la vez, como gremio, AEBU enfrenta un escenario complejo, ya que debe repensar las estrategias para afiliar nuevos trabajadores en sectores con baja presencia sindical, como el fintech y los tercerizados, promover la participación y militancia, reconocer la heterogeneidad de los trabajadores, asegurar una participación política equitativa, implementar elecciones electrónicas y reformar el estatuto del sindicato para reflejar la nueva realidad.

Recuadro 6: Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial

De acuerdo con el Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial, Uruguay se posiciona en el tercer puesto, luego de Chile y Brasil como países pioneros debido a su posición de liderazgo en las siguientes áreas: infraestructura tecnológica, desarrollo de talento especializado, productividad científica y capacidad de innovación. Su posición es el resultado no solo de la implementación de tecnologías vinculadas a la inteligencia artificial sino también de orientar las estrategias nacionales hacia la expansión y consolidación de estas tecnologías.

Uruguay cuenta con una estrategia nacional de Inteligencia Artificial. Esta estrategia tiene como principal objetivo:

Aprovechar la inteligencia artificial (IA) como instrumento para el desarrollo sostenible y el crecimiento inclusivo de Uruguay, impulsando su desarrollo y uso ético, responsable, seguro,

crítico, creativo y pro-innovación, en beneficio del bienestar de las personas y de todos los sectores de la sociedad, la economía y la mejora de la gestión pública.

Asimismo, la estrategia cuenta con objetivos específicos en tres dimensiones

- **Gobernanza.** Promover la institucionalidad y el marco regulatorio adecuado que garantice el desarrollo y el uso ético de la inteligencia artificial.
- **Capacidades.** Desarrollar capacidades y condiciones para promover la innovación y la aplicación de la inteligencia artificial teniendo en cuenta la infraestructura, datos, habilidades y capital humano.
- **Desarrollo sostenible.** Crecer con inclusión, para el desarrollo sostenible del país, fortalecer la competitividad del sector privado, profundizar el proceso de transformación digital del Uruguay, la mejora de la gestión y los servicios públicos, y potenciar la investigación y la innovación.

Fuente: elaboración propia a partir del reporte del Índice latinoamericano de inteligencia Artificial <https://indichelatam.cl/> y de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial Uruguay 2024-2030 <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/publicaciones/estrategia-nacional-inteligencia-artificial-uruguay-2024-2030/estrategia>

Recuadro 7: Digitalización en el agro: Estrategia Nacional para el Desarrollo Agropecuario

La digitalización en las actividades agropecuarias tiene un papel central en dos dimensiones de acción: las tecnologías de la información y el desarrollo social y productivo, de acuerdo a la más reciente Estrategia Nacional para el Desarrollo Agropecuario de Uruguay,

coordinada por la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA) publicada en 2024.

En la dimensión de las tecnologías de la información, la estrategia destaca que, si bien el agro uruguayo ha adoptado en cierto grado tecnologías de la información, todavía hay espacio para profundizarlas, principalmente para la de captura de datos, provisión de información para la toma de decisiones, investigación e innovación tecnológica y comunicaciones. También señala que estas tecnologías podrían contribuir a mejorar aspectos sociales del ámbito rural. En la dimensión de las tecnologías de la información, la estrategia propone las siguientes cuatro acciones:

- Adecuación de la estructura básica.
- Desarrollo de bienes públicos vinculados a sistemas de información y política de datos abiertos.
- Fomento de la digitalización de los procesos de producción agropecuaria y fomento de la capacitación adecuada.
- Implementación de sistemas interoperables entre organismos públicos para la digitalización y simplificación en trámites.

En la dimensión de desarrollo productivo y social, la estrategia destaca como una de las principales acciones la formación de trabajadores en un contexto de digitalización y la necesidad de recambio generacional. En el plan de acciones se destaca la necesaria conexión entre los productores y las instituciones educativas, así como también el potencial de las mujeres, que alcanzan mayores niveles educativos, en el desarrollo agropecuario. La estrategia propone, como una de las acciones, nuevos modelos de negocios rurales para las nuevas generaciones de trabajadores en el agro, como la creación de pequeñas y medianas empresas de servicios técnicos agropecuarios.

Fuente: elaboración propia a partir de Senda: Estrategia Nacional para el Desarrollo Agropecuario- Oficina de Programación y Política Agropecuaria

2.3. Señales de doble transición en Uruguay

Las secciones 2.1. y 2.2. destacaron los avances significativos de Uruguay, tanto en la agenda de la transición verde como de la transición digital. Al igual que en la mayoría de los países de Latinoamérica, son escasas las iniciativas que presentan una visión integrada de la doble transición, aunque es posible identificar algunos antecedentes valiosos. Estos antecedentes muestran que existen avances parciales hacia una visión integrada de la doble transición, a la vez que ofrecen elementos para la elaboración de una estrategia de ese tipo.

De acuerdo con Borges et al. (2021), y como surge de la Estrategia de Desarrollo 2050 (OPP, 2019), se prevé que los cambios de la matriz productiva del país en el futuro presenten un núcleo innovador conformado por la economía digital y la bioeconomía y, sobre todo, en la convergencia de estos dos campos de desarrollo tecnológico y productivo, bajo lo que se conoce por *bioeconomía digitalizada* (Pittaluga, 2018).

Uruguay, así como los países de la región, ya está inmerso en procesos de revolución digital, sobre todo en la producción basada en recursos naturales. La producción agrícola ha experimentado aumentos notables de la productividad mediante el uso de las TIC aplicadas al análisis del clima, las condiciones del suelo, la salud de los cultivos, la automatización de procesos y equipos, y nuevas formas de organización productiva basada en la información. Un logro que constituyó un hito para el sector frigorífico es la trazabilidad individual en la ganadería, que permite el seguimiento desde el campo hasta el consumidor final. Pero muchas otras transformaciones están ocurriendo y lo hacen a gran velocidad. De hecho, se ha desarrollado en el país el sector de agrotecnología (*agtech*), que ha dado lugar a varias iniciativas y *startups* que contribuyen al incremento de la productividad agrícola y también a su sostenibilidad.

Según Pittaluga (2018), los sectores basados en recursos naturales, sobre todo forestación, agricultura y ganadería en el caso uruguayo, han realizado importantes avances en la aplicación de tecnologías digitales, logrando mejoras en eficiencia, sostenibilidad y trazabilidad de sus productos. No obstante, la autora señala que, si bien la base digital imbricada en la matriz productiva ya está construida, para el desarrollo de la bioeconomía digital resta generar la interfaz entre lo biológico y lo digital. Para lograrlo sería necesario contar con políticas que tuvieran como objetivo promover una estrategia orientada a este nuevo paradigma industrial. A modo de ejemplo, en

Finlandia se plantearon tres acciones al respecto de la digitalización en la bioeconomía: *a)* gestión eficiente de las cadenas de materia prima, para igualar la calidad correcta de la materia prima con un cierto uso final, logística inteligente y operaciones ágiles; *b)* modelos de negocio basados en datos y herramientas de toma de decisiones en las empresas, el gobierno y los consumidores; *c)* modelos de negocio basados en la red y gobernanza colaborativa de los recursos naturales, para obtener más valor de las redes de cooperación.

La combinación de bioeconomía y digitalización comprende, por lo tanto, innovación y nuevas tecnologías junto con nuevos modelos de negocios y formas de relacionamiento entre los actores involucrados (productores, proveedores, clientes, gobierno, sociedad), de forma de impulsar una mayor productividad dentro de un marco de sostenibilidad. Un ejemplo puede ser el de los productos de embalaje, que sufrirán cambios considerables debido a los nuevos requisitos relacionados con el reciclaje y la reutilización de los materiales, lo que irá de la mano con avances en la tecnología de sensores y materiales de embalaje que ofrezcan características inteligentes, que permitan recabar información, optimizar la logística y ofrecer varias formas de interactuar con los consumidores.

Por otra parte, Uruguay ha construido capacidades institucionales y técnicas que son una fortaleza muy importante para la construcción de una agenda integrada para la doble transición. La experiencia en los procesos de transición energética y finanzas verdes, por ejemplo, requiere del desarrollo y aplicación de herramientas digitales para los procesos tecnológicos y para la gestión y seguimiento. En este plano, Uruguay cuenta con un sistema institucional maduro, que puede permitir la experimentación de políticas de cara a nuevas etapas de transición.

3. Síntesis y contribuciones para el debate público

Esta sección pretende impulsar la reflexión y el debate sobre los tres grandes ejes analizados en este documento: el concepto de doble transición, las oportunidades y retos para América Latina y, finalmente, el caso de Uruguay. Esto se enmarca en una visión de desarrollo guiada por la Agenda 2030 que procura aportar insumos para un debate sobre la pertinencia, definición e implementación de una estrategia nacional para participar de las megatendencias globales de manera proactiva y con objetivos propios. En lo que sigue de esta sección, se plantean una serie de preguntas, como forma de estimular la discusión.

Con respecto al concepto *de doble transición y su contexto normativo*. Este concepto ha sido el buque insignia de la Unión Europea con el objetivo de alcanzar la neutralidad de carbono y el liderazgo digital, pero todavía carece de una definición estándar y un marco teórico sólido en la literatura académica. Esto puede implicar el riesgo de que el término se utilice de forma vaga, imprecisa o que genere confusión sobre su verdadero propósito y alcance. Por otro lado, también abre la puerta a interpretaciones diversas que contemplen el contexto de cada región y sus prioridades específicas, especialmente en los países en desarrollo. En este aspecto, entendemos que sería relevante discutir *cómo puede fomentarse un enfoque normativo global para la doble transición que tome en cuenta las necesidades específicas de las economías en desarrollo*.

Por otro lado, la doble transición no debería entenderse únicamente como un proceso de cambio tecnológico y ambiental, sino como un paso hacia un nuevo modelo de desarrollo, un modelo que debería alinearse con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, la doble transición no debería quedarse en metas sectoriales, sino implicar una transformación integral para alcanzar un desarrollo verdaderamente sostenible e inclusivo.

Aunque ambas transiciones deben ir de la mano, parece razonable considerar que no son fenómenos idénticos. La transición digital no debería ser un fin en sí misma, sino un medio para lograr un cambio

en el modelo de desarrollo, que incluya una transición verde y justa. No lograr procesar la transición verde puede suponer una amenaza real para la continuidad de la especie, mientras que esta condición crítica para la humanidad no se da en el caso de la transición digital. Frente a esta concepción de la doble transición, surge la siguiente pregunta: *¿existen limitaciones o riesgos de ver la digitalización como un medio para la transición verde, y no como un proceso transformador en sí mismo?*

La innovación no asegura por sí misma una transición justa; puede generar nuevas desigualdades si no se acompaña de políticas inclusivas. Los avances tecnológicos en automatización y digitalización deben orientarse hacia la sostenibilidad ambiental para lograr una doble transición que responda a los desafíos actuales de forma justa. En relación con este aspecto, planteamos la siguiente pregunta: *¿de qué manera la tecnología verde podría ser usada para acortar, en lugar de ampliar, las brechas de desigualdad entre las personas, los territorios y las naciones?*

En segundo lugar, respecto a las *oportunidades y desafíos para América Latina* en el contexto de la doble transición, destacamos el hecho de que los recursos naturales de la región se pueden considerar como un motor para la transición verde. Sin embargo, es importante asegurar que estos recursos sean gestionados de manera sostenible y que los beneficios lleguen a las comunidades locales. Además, pese a que la literatura señala los aspectos positivos de la abundancia de estos recursos, puede implicar un riesgo en términos de especialización productiva para los países de la región. Es una posibilidad que se atraigan grandes inversiones extranjeras y se genere un modelo exportador de recursos naturales para sostener la transición verde de la economía global, pero con poca generación de conocimientos y valor agregado en la región. Esto implica, en definitiva, una inserción de América Latina en la economía global que no cambia su patrón histórico, primarizado y de bajo contenido tecnológico.

En cuanto al impacto en el empleo y la desigualdad, por un lado, la doble transición puede generar empleos verdes, que ofrecen una gran oportunidad en términos de puestos de trabajo de calidad. No obstante, es fundamental asegurar que estos empleos se distribuyan equitativamente y que las políticas de formación y reconversión laboral se orienten a los sectores vulnerables. De esta forma, se evitaría que la doble transición profundice las desigualdades crónicas de América Latina, que se reflejan en ciudades y economías duales (sectores dinámicos y prósperos, junto con grandes actividades de

baja productividad y condiciones precarias). Entonces surge la siguiente pregunta: *¿participar de la transición verde podría significar, para América Latina, la oportunidad de lograr una transición de sectores de baja productividad y condiciones de precariedad e informalidad a empleos de calidad?*

Para facilitar este proceso, la colaboración en proyectos de cooperación internacional, especialmente en el eje Norte-Sur, resulta fundamental. A este respecto, es necesario cuestionar si la dependencia de los países latinoamericanos de estos proyectos puede socavar la sostenibilidad y autonomía en el largo plazo de la doble transición en la región. En tal sentido, se vuelve necesario buscar una cooperación que supere la visión del donante y el beneficiario, para lograr relaciones menos asimétricas y más sinérgicas. La cooperación Sur-Sur y los modelos de triangulación pueden ser también instrumentos importantes para tales objetivos. *¿Qué espacios institucionales podrían facilitar este tipo de acuerdos?*

En tercer lugar, en relación con el caso de Uruguay, comenzamos subrayando algunos aspectos positivos. Uruguay ha avanzado notablemente en energías renovables y tiene gran potencial para el desarrollo del hidrógeno verde. A su vez, ha empezado a incorporar la reflexión sobre las oportunidades que ofrece su mar territorial, lo que supone una ampliación del escenario de posibilidades, aunque también complejiza los desafíos y tensiona las restricciones sobre el financiamiento y las capacidades actuales. Los avances en finanzas sostenibles son también destacables y evidencian un modelo interesante de financiamiento de políticas ambientales que otros países podrían replicar. Esto muestra cómo una infraestructura de datos y transparencia en el seguimiento de emisiones puede ser un activo clave en la transición verde.

Uruguay cuenta con un marco institucional estable, pero también enfrenta retos en la gobernanza ambiental, como la gran dependencia de financiación internacional o la falta de coordinación entre sus ministerios, especialmente en cuestiones ambientales. Esto puede dificultar la implementación coherente de políticas de doble transición.

En relación con la transición digital, el país presenta también importantes fortalezas. La cobertura de fibra óptica, el Plan Ceibal o la transición digital en el sector bancario uruguayo destacan la importancia de abordar los cambios no solo como una cuestión técnica, sino también social y organizacional. Estas experiencias pueden inspirar a otras ramas de la economía para adaptar políticas de transición digital que beneficien tanto a las empresas como a los

trabajadores y a las familias. A este respecto, y con inspiración en las políticas que ya se han implementado, cabe plantearse la siguiente pregunta: *¿qué nuevas políticas públicas pueden implementarse para avanzar en la digitalización inclusiva que no reproduzca o profundice, sino que reduzca las desigualdades estructurales en Uruguay?*

En términos de sectores productivos, podemos destacar el caso del sector agropecuario. La economía de Uruguay está fuertemente orientada a este sector, que representa una parte importante de las exportaciones y que, además, tiene un peso significativo en la identidad cultural y en el tejido social y territorial del país. Existe una demanda creciente de alimentos a escala internacional, especialmente en economías emergentes que demandan productos como soja, carne y productos lácteos, donde Uruguay ha logrado posicionarse con estándares de calidad reconocidos. Sin embargo, responder a esta demanda conlleva riesgos: la producción agrícola y ganadera del país está asociada a importantes desafíos ambientales, como la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación del agua y la degradación del suelo. A medida que crece la demanda de alimentos, se incrementa la presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas de Uruguay, lo que crea una tensión entre la producción para exportación, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental. Ante esto podemos plantearnos la siguiente pregunta: *¿cómo puede Uruguay balancear la necesidad de mantener su competitividad agroexportadora con la necesidad de conservar sus ecosistemas y reducir su huella de carbono?*

Las innovaciones en el campo *agtech* podrían ayudar a dar respuesta a esta pregunta. No obstante, la adopción de estas tecnologías requiere importantes inversiones de capital y de conocimiento, y esto puede ser un obstáculo para muchos pequeños y medianos productores. Además, existe el riesgo de que el foco en la eficiencia productiva y la digitalización no aborde suficientemente los desafíos ambientales más complejos, como la reducción de emisiones y la regeneración de suelos. Por lo tanto, la transición digital en el sector agropecuario debería ir acompañada de políticas públicas que fomenten tanto la sostenibilidad ambiental como la inclusión social.

Ahora bien, acordando una mirada integral que considere como parte de un mismo proceso la digitalización y la innovación verde, y en función de fortalecer sociedades más inclusivas que no dejen a nadie atrás, surge una pregunta fundamental: *¿cómo financiar una transición justa para Uruguay?* Como se ha mostrado, el proceso de transición no está exento de contradicciones y necesita de una orientación desde la política y la colaboración público-privada para

que se enmarque dentro de una visión de desarrollo integral, como supone la Agenda 2030. Para esto es imprescindible lograr acuerdos en la asignación de recursos que aseguren el financiamiento de una transición justa más allá de proyectos y acciones puntuales. Es aquí donde toma relevancia la noción de una estrategia nacional integral que pueda definir objetivos de desarrollo y cómo alcanzarlos en el marco de la doble transición. En ese contexto, deberían discutirse programas e instrumentos (y articular y coordinar los existentes) de forma que sea posible orientar recursos en forma efectiva hacia una estrategia de cambio que tenga un rumbo definido. Esto exige diálogo social, acuerdos políticos, participación público-privada, para acordar una visión compartida, pero con capacidad de gestión e implementación, que se traduzca en recursos.

En suma, la doble transición no es un proceso que se deba adoptar, en América Latina y en Uruguay, a modo de receta. En primer lugar, porque es un concepto en construcción, cargado de valores y definiciones políticas. Por ello, la forma en que esta se defina, implemente y desarrolle va a determinar la sociedad y economía a construir, no solo en clave de conservación del planeta, sino también en términos de los valores sobre los cuales nos relacionamos como seres humanos.

Una transición digital y verde en el marco de la Agenda 2030 y que contemple las necesidades, demandas y valores de las sociedades y economías latinoamericanas exige que nuestros países participen en forma activa en la definición del qué y el cómo implementar la transición. Uruguay cuenta con ventajas para proponerse incidir en ese proceso, y no solo ser tomador de decisiones que vengan desde fuera. Pero también tiene debilidades, por las asimetrías de poder en el contexto internacional, el tamaño pequeño de su economía y por situarse en una región periférica en la generación del conocimiento tecnológico a escala global.

El desafío es enorme. Sin embargo, algunas de las conclusiones y preguntas que surgen de este documento pueden servir de base para generar estrategias que permitan avizorar buenas oportunidades y mitigar amenazas. Seguramente, dichas estrategias deberán ir de la mano de la cooperación internacional y bajo el paraguas de la Agenda 2030, profundizando en las políticas públicas que el país ha venido desarrollando en clave de sostenibilidad y digitalización, con una clara preocupación por la inclusión social y el desarrollo humano, y fortaleciendo y apoyándose en las instituciones del país para lograr consensos, estabilidad y capacidad de mirada de largo plazo.

Referencias

- Aboal, D., López, A., Maurizio, R., y Queraltó, P. (2021). Automatización y empleo en Uruguay. *Desarrollo y Sociedad*, 1(87), 33-72. <https://doi.org/10.13043/DYS.87.2>
- Alfonso, M., Bagolle, A., Baptista, D., Bos, M. S., Fazekas, A., Schwartz, L., ... Urquidí, M. (2023). *Hacia la transición justa en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0005216>
- Amestoy, F. (2025) *Bioeconomía azul: Recomendaciones sobre innovación y desarrollo del sector en Uruguay*. Consultoría encargada por la Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (DICYT). Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-educacion-cultura/comunicacion/noticias/bioeconomia-azul-recomendaciones-para-innovacion-ydesarrollo-del-sector>
- Andreoni, A., Chang, H. J., y Labrunie, M. (2021). *Natura non facit saltus: Challenges and opportunities for digital industrialisation across developing countries*. *The European Journal of Development Research*, 33, 330-370.
- Andreoni, A., y Anzolin, G. (2019). *A revolution in the making? Challenges and opportunities of digital production technologies for developing countries (Working Paper n.º7)*. Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series.
- Apella, I., y Zunino, G. (2017). *Cambio tecnológico y mercado de trabajo en Argentina y Uruguay: Un análisis desde el enfoque de tareas (Serie de informes técnicos n.º11)*. Banco Mundial. <http://documents.worldbank.org/curated/en/940501496692186828/Cambio-Tecnologico-y-Mercado-de-Trabajo-en-Argentina-y-Uruguay-Un-Analisis-desde-el-Enfoque-de-Tareas>
- Arias, K., López, D., Camino, S., Weiss, M., Walsh, D., y Gouvea Gomes, L. (2022). *Transición verde y sesgo de género (Nota técnica IDB-TN-02546)*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0004461>
- Arocena, R., y Sutz, J. (2022). *Collaboration of universities with productive actors in an age of knowledge-based inequality*. *International Journal of Intellectual Property Management*, 12(1), 88-108.
- Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional. (2019). *Estado de situación de la cooperación internacional en Uruguay 2019*. Presidencia de la República. <https://www.gub.uy/agencia-uruguaya-cooperacion-internacional/sites/agencia-uruguaya-cooperacion-internacional/files/2020-02/memoria%20AUCI.pdf>

- Avalos, E., Cirera, X., Vargas, M., Iacovone, L., Medvedev, D., Nayyar, G., y Reyes, S. (2023). Firms' digitalization during the COVID-19 pandemic: A tale of two stories (Policy Research Working Paper No. 10284). The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099906201252336913/>
- Barafani, M., Barral Verna, Á., Basco, A., Queijo, V., y Pietrafesa, F. (2020). Travesía 4.0: Hacia la adopción tecnológica uruguaya. Banco Interamericano de Desarrollo–INTAL. <https://doi.org/10.18235/0002794>
- Berkhout, F., y Hertin, J. (2004). De-materialising and re-materialising: Digital technologies and the environment. *Futures*, 36(8), 903-920. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2004.01.003>
- Bertoni, R., y Messina, P. (2023). Logros, limitaciones y desafíos de la revolución eólica en Uruguay (Documento de trabajo n.º 70). Programa de Historia Económica y Social, Universidad de la República, Uruguay.
- Bieser, J., y Hilty, L. (2018). Indirect effects of the digital transformation on environmental sustainability: Methodological challenges in assessing the greenhouse gas abatement potential of ICT. *EPiC Series in Computing*, 52, 68-81.
- Bonaglia, D., Lema, R., Menéndez, M. M., y Rbellotti, R. (2024). Digital and green transitions: Opportunities and challenges for Europe and China. En *Reverse dependency: Making Europe's digital technological strengths indispensable to China* (pp. 184-207).
- Borges, M., et al. (2021). Contribución de la bioeconomía a la recuperación pospandemia de COVID-19 en el Uruguay: Biotecnología y valorización de subproductos agropecuarios y agroindustriales (Serie Recursos Naturales y Desarrollo n.º 208; LC/TS.2021/112). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Braude, H., Castro, C., y Fiorentin, F. (2024). Estrategias, políticas e instrumentos para la innovación verde en América Latina (Documentos de Proyectos LC/TS.2023/177). CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/68842-estrategias-politicas-instrumentos-la-innovacion-verde-america-latina>
- Bukstein, D., Chiesa, V., Guerguerian, G., Hernández, E., Márquez, L., Quiñones, D., y Usher, X. (2023). Resultados del primer relevamiento sobre ambiente, cambio climático e innovación: Encuesta de actividades de innovación (2019-2021). Agencia Nacional de Investigación e Innovación. <https://www.anii.org.uy/institucional/documentos-de-interes/22/documentos-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion/>
- Cathles, A., Cardenas, G., y Leblanc, P. H. (2022). Opportunities and challenges for the twin transition in Latin America and the Caribbean. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-05/A15%20>

- %20Cathles%20-%20Twin%20Transition%20in%20Latin%20America%20and%20the%20Caribbean.pdf
- CIAT. (2015). *Climate-smart agriculture in Uruguay (CSA Country Profiles for Africa, Asia, and Latin America and the Caribbean Series)*. The World Bank Group.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro (LC/TS.2021/43)*. Santiago de Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Un camino digital para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe (LC/CMSI.8/3)*. Santiago de Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y Gobierno del Uruguay. (2024). *Estrategia nacional de economía circular del Uruguay: Acciones para la transformación del sistema de producción y consumo del país (Documentos de Proyectos LC/TS.2024/77)*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/80715-estrategia-nacional-economia-circular-uruguay-acciones-la-transformacion-sistema>
- Dæhlen, M. (2023). *The twin transition century: The role of digital research for a successful green transition of society? (The Guild Insight Paper n.º 5)*. The Guild of European Research-Intensive Universities y Bern Open Publishing. <https://doi.org/10.48350/184458>
- Delbono, A., Lizbona, A., y Neme, C. (2022). *Cambio institucional ambiental en Uruguay: Normativa y política pública (1990-2020)*. Facultad de Derecho, Universidad de la República. https://www.fder.edu.uy/sites/default/files/2022/Informe_proyecto%20Invest%20FDER%202021_Delbono_Lizbona_Neme_31.10.2022_.pdf
- DIGITALEUROPE. (2021). *Digital action = Climate action: 8 ideas to accelerate the twin transition*. <https://www.digitaleurope.org/resources/digital-action-climate-action-8-ideas-to-accelerate-the-twin-transition/>
- Drucza, K., Kaddour, A., Ganguly, S., y Sarea, A. (Eds.). (2023). *Centering gender in the era of digital and green transition*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-38211-6>
- Drucaroff, S. (2023). *Aprendizajes para iniciativas público-privadas de transformación digital (Nota Técnica del BID n.º 2734)*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Elsner, F., Herzig, C., y Strassner, C. (2023). *Agri-food systems in sustainability transition: A systematic literature review on recent developments on the use of the multi-level perspective*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1207476. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1207476>
- Espíndola, E., y Suárez, J. (2024). *Labour automation and challenges in labour inclusion in Latin America: Regionally adjusted risk estimates based on*

machine learning. Social Policy Series, n.º 245 (LC/TS.2023/121). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

European Commission. (2019a). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new industrial strategy for Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0102&from=EN>

European Commission. (2019b). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The European Green Deal. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF

European Commission. (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Shaping Europe's digital future. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0067&from=EN>

European Investment Bank. (2024). Gran mayoría de los latinoamericanos exige políticas climáticas más estrictas, revela encuesta del BEI. <https://www.eib.org/en/surveys/climate-survey/6th-climate-survey/latam.htm?lang=es>

European Investment Bank. (2021). European Investment Bank investment report: Building a smart and green Europe in the COVID-19 era. <https://www.eib.org/en/publications/investment-report-2020>

European Patent Office. (2020). Patents and the Fourth Industrial Revolution. European Patent Office & Handelsblatt Research Institute. <https://www.lemoci.com/wp-content/uploads/2017/12/Patents-and-the-Fourth-industrial-Revolution-2017.pdf>

Fagerberg, J., y Verspagen, B. (2020). Innovation—diffusion, the economy and contemporary challenges: A comment. *Industrial and Corporate Change*, 29(4), 1067-1073. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa019>

Ferragut, P., Goldenberg, F., Correa, C., y Gischler, C. (2022). Hidrógeno verde y el potencial para Uruguay: Insumos para la elaboración de la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde de Uruguay. Banco Interamericano de Desarrollo.

Ferraz, J. C., Torracca, J., Arona, G., y Peres, W. (2024). Digitalization in Latin America. En *Innovation, competitiveness, and development in Latin America: Lessons from the past and perspectives for the future* (pp. 263-292).

- Freeman, C., y Perez, C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles. En *Technical change and economic theory* (pp. 38-66). Pinter Publishers.
- Giudice, S., Lacaño, F., Otero, N., Peluffo, A., y Pittaluga, L. (2020). La introducción de tecnología en el sistema financiero, su impacto sobre los trabajadores y la actividad sindical: Diagnóstico y ejercicio prospectivo con foco en los próximos 10 años. AEBU, Friedrich Ebert Stiftung Uruguay, Triángulo Consultores.
- Giudice, S., Lacaño, F., Otero, N., Peluffo, A., y Pittaluga, L. (2023). Los sindicatos y su papel en la revolución tecnológica: El caso de AEBU. Friedrich-Ebert-Stiftung, Representación en Uruguay.
- Gosens, J. (2020). The greening of South-South trade: Levels, growth, and specialization of trade in clean energy technologies between countries in the global South. *Renewable Energy*, 160, 931-943. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.01>
- Grazzi, M., Sasso, S., y Kemp, R. (2019). A conceptual framework to measure green innovation in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank. <http://dx.doi.org/10.18235/0002082>
- Hilty, L., y Aebischer, B. (2015). ICT for sustainability: An emerging research field. En *ICT innovations for sustainability* (pp. 3-36). Springer.
- Hirs, J., y Vargas, F. (2023). Prioridades para la digitalización empresarial en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0005166>
- Hodson illo, E., Trigo, E., y Henry, G. (2019). La bioeconomía: Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Horner, N. C., Shehabi, A., y Azevedo, I. L. (2016). Known unknowns: Indirect energy effects of information and communication technology. *Environmental Research Letters*, 11(10), 103001.
- INGEI. (2023). Inventario nacional de gases de efecto invernadero 1990-2020 a la conferencia de las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2023. Ministerio de Ambiente. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2024-01/INGEI_Serie_1990-2020.pdf
- Isabella, F., Pittaluga, L., y Mullin, G. (2017). Automatización y empleo en Uruguay: Una mirada en perspectiva y en prospectiva. Oficina de Planeamiento y Presupuesto. https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/documentos/2018-06/2256_Publicacion_Automatizacion_y_empleo_en_Uruguay.pdf
- Kapetaniov, C., y McIvor, C. (2020). Going green: Preparing the UK workforce for the transition to a net-zero economy. Nesta. <https://media>.

- nesta.org.uk/documents/Going_Green-_Preparing_the_UK_workforce_to_the_transition_to_a_net_zero_economy.June.2020.pdf
- Katz, R. (2024). Oportunidades para la transformación digital productiva: Evidencia estadística sobre el nivel de digitalización sectorial en América Latina y el Caribe (Documentos de Proyectos LC/TS.2023/176). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Konar, M., y Ding, H. (2020). *A sustainable ocean economy for 2050: Approximating its benefits and costs* (High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy/World Resources Institute). Washington, DC.
- Kuhn, B. M., y Margellos, D. L. (2022). Global perspectives on megatrends: The future as seen by analysts and researchers from different world regions. *Ibidem*.
- Kunkel, S., y Matthes, M. (2020). Digital transformation and environmental sustainability in industry: Putting expectations in Asian and African policies into perspective. *Environmental Science & Policy*, 112, 318-329. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.022>
- Lange, S., Pohl, J., y Santarius, T. (2020). Digitalization and energy consumption: Does ICT reduce energy demand? *Ecological Economics*, 176, 106760. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760>
- Lema, R., y Pérez, C. (2024). The green transformation as a new direction for techno-economic development (UNU-MERIT Working Papers n.º 2024-001).
- Lema, R., y Rabellotti, R. (2023). Green windows of opportunity in the Global South. (UNU-MERIT. UNU-MERIT Working Papers No. 012)
- Lema, R., Fu, X., y Rabellotti, R. (2020). Green windows of opportunity: Latecomer development in the age of transformation toward sustainability. *Industrial and Corporate Change*, 29(5), 1193-1209.
- Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0." *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028>
- Marín, A., y Pérez, C. (2024). Nuevas perspectivas para el desarrollo en base a recursos naturales: Una visión neo-schumpeteriana para América Latina. En J. Sánchez y M. León (Coords.), *Recursos naturales y desarrollo sostenible: Propuestas teóricas en el contexto de América Latina y el Caribe* (Serie Recursos Naturales y Desarrollo n.º 220, LC/TS.2023/198). CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/68812-recursos-naturales-desarrollo-sostenible-propuestas-teoricas-contexto-america>
- Maucorps, A., Römisch, R., Schwab, T., y Vujanović, N. (2023). The future of EU cohesion: Effects of the twin transition on disparities across European regions (WIIW Research Report n.º 467).

- Mazzucato, M. (2023). Transformational change in Latin America and the Caribbean: A mission-oriented approach (LC/TS.2022/150/Rev.1). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Medina, N., Scarone, M., Sierra, W., Coopman, M., Correa, C., González, M. J., Irrazabal, G. (2021). Hidrógeno verde: Un paso natural para Uruguay hacia la descarbonización. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0003761>
- Menéndez, M., y Lavopa, A. (2024). Adoption of twin transition technologies in developing countries: A bivariate analysis. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4968284/v1>
- Ministerio de Ambiente. (2024). Informe del estado del ambiente (2020-2022) (4.ª ed.). República Oriental del Uruguay. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DIGITAL-INFORME-DEL-ESTADO-DEL-AMBIENTE-2024-1.5.pdf>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020). Economía circular y cambio climático: Contribución desde Uruguay a través de la valorización de residuos. El proyecto Biovalor. MIEM-MA-MGAP-UNIDO-GEF.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2022). Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay. <https://www.hidrogenoverde.uy>
- Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M., y Scapolo, F. (2022). Towards a green & digital future: Key requirements for successful twin transitions in the European Union. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/977331>
- Müller, M., Lang, S., y Stöber, L. F. (2024). Twin transition—Hidden links between the green and digital transition. *Journal of Innovation Economics & Management*, Prépública(o), I165-XXXVIII. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0165>
- Naciones Unidas Uruguay–PNUD. (2021). Transiciones hacia el desarrollo sostenible en Uruguay: Aportes para el debate. <https://www.undp.org/es/uruguay/publicaciones/transiciones-hacia-el-desarrollo-sostenible-en-uruguay-aportes-para-el-debate>
- Naciones Unidas Uruguay–PNUD. (2023). Digitalización como un impulsor de la inclusión. Serie: Aprender de la innovación en América Latina y el Caribe. Oficina Regional del PNUD para América Latina y el Caribe y Laboratorios de Aceleración del PNUD.
- Nathan, D. (2024). Knowledge and global inequality since 1800: Interrogating the present as history. *Elements in Development Economics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009455183>
- Nordic Council of Ministers. (2021). Enabling the digital green transition: A study of potentials, challenges and strengths in the Nordic-Baltic region. <https://doi.org/10.6027/nord2021-044>

- OECD, CAF, y CEPAL. (2022). *Perspectivas económicas de América Latina 2022: Hacia una transición verde y justa*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f2foc189-es>
- OECD, CAF, CEPAL, y European Commission. (2019). *Latin American economic outlook 2019: Development in transition*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/g2g9ff18-en>
- OECD, CAF, y CEPAL. (2023). *Latin American economic outlook 2023: Investing in sustainable development*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8c93ff6e-en>
- OECD (2016), *The Ocean Economy in 2030*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264251724-en>
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP). (2019). *Aportes para una estrategia de desarrollo 2050*. Presidencia de la República.
- Ozment, S., Gonzalez, M., Schumacher, A., Oliver, E., Morales, G., Gartner, T., Silva, M., Watson, G., y Grünwaldt, A. (2021). *Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: Situación regional y prioridades para el crecimiento*. Banco Interamericano de Desarrollo e Instituto de Recursos Mundiales. <https://doi.org/10.18235/0003687>
- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202.
- Perez, C. (2020). Digital and green: A very convenient marriage. <https://carlotaperez.org/digital-and-green-a-very-convenient-marriage/>
- Pittaluga, L., y Pirrocco, D. (2021). *Análisis de la cadena de valor del plástico y el caucho en el Uruguay (Serie Estudios y Perspectivas–Oficina de la CEPAL en Montevideo, n.º 53, LC/TS.2021/123; LC/MVD/TS.2021/3)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Pittaluga, L. (2018). *Oportunidades y desafíos para la transformación productiva de Uruguay: El caso de la bioeconomía [Informe final de consultoría]*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2021). *Atrapados: Alta desigualdad y bajo crecimiento en América Latina y el Caribe. Informe regional de desarrollo humano 2021*. <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/informe-regional-de-desarrollo-humano-atrapados-alta-desigualdad-y-bajo-crecimiento-en-america-latina-y-el-caribe>
- Rodríguez, A. G., Mondaini, A. O., y Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: Contexto global y regional y perspectivas*. <https://hdl.handle.net/11362/42427>
- Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D., y Terzi, S. (2020). *Assessing relations between circular economy and Industry 4.0: A systematic*

- literature review. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1662-1687. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1680896>
- Saget, C., Vogt-Schilb, A., y Luu, T. (2020). El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.18235/0002509>
- Strietska-Ilina, O., y Mahmud, T. (Eds.). (2019). Skills for a greener future: A global view. International Labour Organization. https://www.ilo.org/skills/pubs/WCMS_732214/lang-en/index.htm
- Talbot Zorn, J. (2024). Beyond the climate tech arms race: US-EU cooperation in the net-zero transition. Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/usa/21187.pdf>
- UNCTAD. (2024). Digital economy report 2024: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future. <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024>
- UNEP-WCMC y GRID-Arendal 2021. Desafíos y oportunidades para la economía azul en Uruguay. Resumen de políticas. Disponible en: <https://www.undp.org/es/uruguay/publicaciones/desafios-y-oportunidades-para-la-economia-azul-en-uruguay>
- United Nations Development Programme. (2020). Human development report 2020: The next frontier—Human development and the Anthropocene. UNDP. <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2020pdf.pdf>
- Uruguay XXI. (2023). Energías renovables en Uruguay. <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/energias-renovables/>
- Valverde-Carbonell, J., Pietrobelli, C., y Menéndez, M. (2024). Minerals' criticality and countries' mining competitiveness: Two faces of the same coin. *Resources Policy*, 98, 105359. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105359>
- Von Tunzelmann, N. (2003). Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), 365-384. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(03\)00029-8](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(03)00029-8)
- Walsh, P. P., Murphy, E., y Horan, D. (2020). The role of science, technology and innovation in the UN 2030 agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119957. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119957>
- White House. (2023). Building a clean energy economy: A guidebook to the Inflation Reduction Act's investments in clean energy and climate action. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>
- <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n24/272/25/pdf/n2427225.pdf>

